

Hírsatorna

A MAGYAR VÍZ- ÉS SZENNYVÍZTECHNIKAI SZÖVETSÉG LAPJA
2023/3. szám

**ENERGETIKAI FEJLESZTÉSEK
A SZENNYVÍZTELEPEKEN**

PLANET
BUDAPEST 2023

LEGYEN ÖN IS TAGJA A SZÖVETSÉGNEK

Szakmai érdekképviselő

Szövetségünk kezdeményező és tevékeny módon képviseli a hazai vízügyi ágazatot. Valódi szolgáltatást végző, független szakmai szervezetként, támogatást nyújtunk a települési vízgazdálkodás területén dolgozó szakemberek munkájához (oktatás, tervezés, gyártás, építés, szak-, területi-, önkormányzati igazgatás, szakképzés, üzemeltetés területén dolgozók).

Stratégiai együttműködéseket alakítunk ki és működtetünk, hazai társszervezetekkel, szövetségekkel, érintett kormányzati szervezetekkel, a tagszervezeteink közé tartozó önkormányzatokkal és hatóságokkal, mellyel megteremtjük egy összehangolt ágazati érdekképviselőt alapját. Felvállaljuk a települési vízgazdálkodás témakörébe tartozó aktuális szakmai kérdések tisztázását, ajánlások megfogalmazását.

Tudásátadás programunkon keresztül megismertetjük a szakmát a legkorszerűbb és leghatékonyabb megoldásokkal.

Hírcsatorna magazinunk negyedévente bemutatja az ágazat legfontosabb történéseit, és a tudásátadás programmal összehangolt, igényes publicisztikákkal jelenik meg.

Tudástárunk több száz szakmai prezentációt és szakanyagot tartalmaz.

Szakmai együttműködő partner

A MaSzeSz, mint széleskörű szakmai kapcsolatrendszerrel és tudással rendelkező független nonprofit szakmai szervezet kiváló együttműködő partner, konzorciumi tag, pályázatok és pilot projektek megvalósításában.

Nemzetközi kapcsolatainkat tagjaink szakmai fejlődése, kapcsolati hálójának szélesítése és üzleti lehetőségeik bővítése érdekében kamatoztatjuk.

Konferenciáink, jelenléti rendezvényeink, lehetőséget biztosítanak találkozásokra a szakmai partnerekkel és potenciális üzletfelekkel.

Vízérték képviselő – társadalmi kommunikáció

Célunk, hogy a víz értékét, és az e mögött álló szakmai munka presztízsét társadalmi szinten elfogadtassuk, és innovatív módon, szakmai alaposággal, következetesen képviseljük a fenntarthatóság szempontjait, és a körforgásos gazdaság megteremtésének fontosságát.

Kedvezmények

MaSzeSz tagként korlátlan hozzáférést szerez Tudástárunkhoz.

Jelentős kedvezményeket nyújtunk a Hírcsatornában megjelenő hirdetésekhez, és a Tudásátadás Programban való megjelenésekhez.

Jelenléti rendezvényeinket ugyancsak számottevő kedvezménnyel tudja látogatni.

IMPRESSZUM

A Magyar Víz –és Szennyvíztechnikai Szövetség online folyóirata

1118.Budapest, Rétköz utca 5.

www.maszesz.hu

Kiadó: MaSzeSz

Főtitkár: Rózsa Bálint

Kiadásért felel: Rózsa Bálint

Főszerkesztő: Papp Mária

Szerkesztő: Tompos Ágnes

Szerkesztőbizottság tagjai: Csörnyei Géza, Géczy Ágnes, Jobbágy Andrea, Karches Tamás, Kárpáti Árpád,

Kiss Katalin, Licskó István, Laky Dóra, Makó Magdolna, Patziger Miklós, Vadkerti Edit, Varga Laura

Megjelenik negyedévente

Grafika és tördelés: Zsiráf Kreatív Ügynökség

TARTALOM

Beköszöntő	4
SZAKMAI - TUDOMÁNYOS ROVAT	
MASZESZ a Planet-en	5
A biogáz üzemek P2G és SCWG-HU technológiák alkalmazásával való energetikai fejlesztése - Hujber Ottó okl. villamosmérnök	9
A szennyvíztisztítás hatékonyságának javítása Módosított biológiai szűréssel - Tolnai Béla	20
A biofilterek és a komposzt lebontási folyamatainak (biodegradáció) modellezése Bezsényi Anikó, Gyarmati Imre, Nagy-Mezei Csenge, Golyán András Péter, Levente, Makó Magdolna	38
MASZESZ HÍREK, AKTIVITÁSOK	
Őszi tudásátadás	54
ÁGAZATI HÍREK	
A Tiszántúl területi integrált vízgyűjtőgazdálkodási problémáinak és megoldási lehetőségeinek azonosítása, a Tisza-Körös völgyi Együttműködő Vízgazdálkodási Rendszer (TIKEVIR) hatásterületén Tamás János, Nagy Attila	60
Magyar Hidrológiai Társaság XL. országos vándorgyűlés	66
70 ÉVES – a jelenlegi – VÍZÜGYI SZOLGÁLAT	68
Tiszteljük vizeinket Innovatív termékek a Települési- és Agrár-vízgazdálkodási gyakorlatban Pureco a Planet Expo 2a standján	71
MASZESZ MENTOR EGYESÜLETI HÍREK	
Megalakult a MASZESZ Mentor Egyesület Vízre tesszük a jövőt – segíts Te is!	74
NEMZETKÖZI KITEKINTŐ	
A HWP nemzetközi eseményei - 2023 június-augusztus	78
Nemzetközi kitekintés	81
Közös ügyük az export – versengés helyett összefognak a magyar vízipari cégek a külföldön	84
TÖRTÉNETI VISSZATEKINTÉS	
„Leg”-ek a vízépítés világában III. rész - Dr. Juhász Endre	90
KÉPZÉSI AJÁNLÓ - ESEMÉNYEK	
A Pannon Egyetem hirdetménye	98
Az Óbudai Egyetem hirdetménye	99
Waterscope IoT - A Jövő Mezőgazdasága: Az Okos Vízgazdálkodás Új Dimenziói	100

BEKÖSZÖNTŐ

KEDVES OLVASÓKI!



Kedves Olvasó!

A szabadságokról hazatérve az idei őszen igen izgalmas programokkal indul.

Ismét megrendezésre kerül Budapesten

a **„Planet 2023” - Fenntarthatósági Expo** a Kék Bolygó Alapítvány közreműködésével.

Szövetségünk is részt az esemény szervezésében, külön szakmai nappal, mely egyben az éves „nagy rendezvénye” is.

A program során neves hazai szakértők mondják el gondolataikat, véleményüket a fenntarthatóságról, a körkörös gazdaság működési feltételeiről, a mezőgazdasági vízfelhasználásról, az integrált vízgazdálkodásról.

A jövő nagy kihívása a lerakott hulladékok és a széndioxid kibocsátás mennyiségének csökkentése, **a körkörös gazdaság, a hidrogéngazdaság megteremtése, a megújuló energiaforrások hasznosítása**, az energia-hordozók importjától való függetlenedés, erről olvashatunk a szakmai rovatunk első cikkében.

Ezt követően egy nagyon érdekes téma következik, ahol a szerző kifejti véleményét, hogy a szennyvíztisztítás során mindig nagyon fontos szempont a különböző **kémiai folyamatok hatékonyságának javítása**, a szennyező molekulák lebomlási feltételeinek javítása.

Korábban a szennyvíztelepek a települések szélén épültek, ma már szerves részét képezik a településeknek.

Ez a tény további feladatokat jelent az üzemeltető számára, különösen a lakosságot érintő **szaghatás csökkentése** területén. A szerzők nagyon érdekesen, körültekintően mutatják be, hogy a problémák megoldását a **biofilterek különböző típusainak alkalmazása** adhatja meg.

70 évvel ezelőtt alakult meg magyarországi vízügyi szolgálat, amit ma úgy értékelhetünk, hogy ezzel egy új korszak vette kezdetét, amelynek során lépésről-lépésre egyre több szakfeladatot vont felügyelete alá, megteremtve a **hazai vizek mennyiségi és minőségi kezelésének szervezeti egységét**.

A történelmi rovatban bemutatásra kerülnek **a világ legnagyobb vízesései és az épített alagutak**.

Bár a vízesések nem tartoznak az emberi kéz által létrehozott építményekhez, de a természet egyik legszebb, leglátványosabb csodái. A cikkben megismerhetjük a világ legjelentősebb alagutjait, melyek a vízi közlekedésben jelentős szerepet játszanak napjainkban is.

Mindezeket elolvastva remélem mindenkinek hasznos és kellemes időtöltésben lesz része!

Dr. Papp Mária
főszerkesztő

MASZESZ A PLANET-EN

Kiállítóként és **szakmai konferencia szervezőként** is részt vesz a MaSzeSz a szeptember 27.- október 1. között megrendezésre kerülő PLANET Budapest 2023 Fenntarthatósági Expón és Élmenyprogramon.

Az ez évi Planet Budapest küldetése, hogy közös gondolkodásra és cselekvésre hívjon ezekben a nehéz időkben. Összegyűjti azokat a gazdasági, üzleti és tudományos életereplőket, akik kézzelfogható megoldásokat keresnek, és akik ilyenekkel szolgálnak a fenntarthatósági kihívásokra. Lehetőséget kínál kapcsolatépítésre különböző szektorok és az azonos értékeket képviselő intézményi és gazdasági szereplők között, továbbá információcserére, közös megoldáskeresésre ad egyedülálló lehetőséget – hogy a szükségből fejlődés, a kényszerű alkalmazkodásból gazdasági előny szülessen.

A Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség független szakmai szervezetként, feladatuként határozta meg, mind a hazai vízügyi ágazat helyzetének láttatását, mind az ágazatban dolgozó szakemberek, valamint a víz értékének és a mögötte álló szakmai munka presztízsének társadalmi elfogadtatását. A MaSzeSz a PLANET 2023 Expón **szeptember 28-án** tartja az **éves szakmai konferenciáját**, melynek címe: **„A Települési- és Agrár-vízgazdálkodás az éghajlatváltozás tükrében – Kölcsönhatások és Egymásrautaltság”**.

A szakmai nap látogatása ingyenes, de regisztrációhoz kötött – **ITT regisztrálhat**.

Védnök: Áder János - Kék Bolygó Alapítvány (felkérés alatt)

Társszervezők: BCSDH, OVF, NAK

Helyszín: A pavilon Szekcióterem

PROGRAM

9:30-10:00 Belépés/Jó-reggelt kávé

10:00-10:45 Fenntarthatósági Párbeszéd

Áder János Kék Bolygó Klímavédelmi Alapítvány kuratóriumi elnöke beszélget:

- Nagy István agrárminiszterrel - Víz: stratégiai erőforrás és a fenntarthatóság kulcsa (a Kék Bolygó Alapítvány szervezésében megvalósuló Fenntarthatósági Párbeszédet, mely előben a konferenciateremben fog zajlani, a szekcióteremben video megosztással követjük)

11:00-11:20 Megnyitó

- Réthy Pál - közfoglalkoztatási és vízügyi helyettes államtitkár
- Kovács Károly - MaSzeSz elnök

11:20-12:10 Vízkészletek és a víz értékének alakulása a klíma és humán hatások nyomán (panelgazda: OVF – Láng István)

- Weidinger Tamás – ELTE meteorológus
- Csörnyei Géza - FVM
- Kovács Károly - MaSzeSz

12:10-12:25 Tőkefinanszírozás a vízipari innovációért (Török József – Kék Bolygó Klímavédelmi Kockázati Tőkealap)

12:25-13:10 ebédszünet

**13:10-14:00 Vízszükségleti igények és víz-
kínálati lehetőségek a mezőgazdaságban**
(panelgazda: NAK – Szólláth Tibor)

- Mészáros Gábor - KITE
- Csűrös Krisztián - OVF
- Molnár Attila - MaSzeSz
- Bozán Csaba - ÖVKI igazg. – MATE

**14:00-14:10 A szennyvíziszap érték a kör-
körös gazdaság elvei alapján (Fekete Ale-
xandra – TRV Zrt)**

**14:10-15:00 Innovatív partnerség a Telepü-
lési- és Agrár-vízgazdálkodási gyakorlatban**
(panelgazda: BCSDH – Nagy Gréta)

- Dedák Dalma - WWF
- Kökény Attila - Talajmegújító Gazdák Egyesülete
- Hőgyész Anna - Nestlé fenntarthatósági vezető

- Pogány Éda - Syngenta üzleti fenntartha-
tósági vezető, Syngenta Kelet- és Délke-
let-Európa

**15:00-15:10 Az ALFÖLDVÍZ Zrt. kommuná-
lis szennyvíziszap mezőgazdasági kihelye-
zési gyakorlatának bemutatása (Veres Haj-
nalka – Alföldvíz Zrt)**

15:10-15:40 kávészünet

**15:40 -16:30 Integrált vízgyűjtő gazdálko-
dás a klímaváltozás tükrében (panelgazda:
Debreceni Egyetem – Tamás János)**

- Hadászi László - KITE - innovációs főigaz-
gató
- Galambos-Tóth Annamária - NAK
- Lakner Zoltán - MTA doktor a MATE-n
- Balatonyi László - OVF

16:30 – 16:50 Benedek Pál díj átadás



PLANET
BUDAPEST 2023



magyesz
Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség

A TELEPÜLÉSI- ÉS
AGRÁR-VÍZGAZDÁLKODÁS
AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS TÜKRÉBEN
KÖLCSÖNHATÁSOK ÉS EGYMÁSRAUTALTSÁG

TÁRSSZERVEZŐK



NAK NEMZETI AGRÁRGAZDASÁGI KAMARA
OVF Országos Vízügyi Főigazgatóság
bcsdh

16:50 HWP Vízipari Innovációs Fórum (HWP)

- *Oktatás és Vízipar együttműködési lehetőségei - a HWP standon*

A MaSzeSz céljának tekinti a fiatal, elhivatott és a szakmáért tenni kész diákok, valamint vízipari szakemberek összefogását, és az igényeknek megfelelő támogatást nyújtását, ezért létrehozta a **MaSzeSz Mentor Egyesületet**, mely a támogatásokon túl, integrálja ezeket a magánszemélyeket egy szakmai közösségekbe, és felkarolja a különböző kezdeményezéseiket, projektjeiket, teret biztosítva a szakmai közegben történő aktív jelenlétre, fejlődésre. **A MaSzeSz Mentor Egyesület oktatási standdal kiállítóként** jelenik meg a PLANET Expón a külön standdal nem megjelenő vizes oktatási tagjainkkal, továbbá változatos programokat kínálva a kilátogató fiatalabb és felnőtt közönségnek.

Társkiállítóink:

- BME-Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék
- BME-Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszék
- BME-Vízépítési és vízgazdálkodási tanszék
- Debreceni Egyetem-Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet
- Nemzeti Közszolgálati Egyetem - Víz tudományi kar
- Óbudai Egyetem, Rejtő Sándor Könyvnyűipari és Környezetmérnöki Kar
- Szolnoki Szakképzési Centrum - Pálffy vízügyi technikum
- Öveges József technikum
MaSzeSz Mentor Egyesület

Miért érdemes kilátogatni a MaSzeSz Mentor Egyesület egyetemi standjára?

Visszatérően szeretnénk beszélgetni a környezet és vízgazdálkodás területén elérhető képzésekről, kihívásokról. Szakemberek, oktatók, diákok fogják elmondani, hogy miért érdekes és miért érdemes ezen a területen munkát vállalni. Cégek mutatják be, hogy milyen karrierlehetőségek vannak a területen, hova lehet eljutni mind egy külföldi projekt megvalósítása során, mind szakmai szempontból. A klímaváltozás nehezen kiszámítható következményei mellett, bizonyára szó fog esni az ágazat nehézségeiről is és arról is, hogy mindenhol az utolsó órában vagyunk. A stand szeretne meginvitálni, hogy légy tagja annak a válogatott csapatnak, aki a föld megmentéséért dolgozik.

PROGRAM

szeptember 27.

10:00-12:00 (digitális kalkulátor, online kvíz), vizes élőhely bemutatás (*Öveges József Technikum*)

13:00-13:30 **Környezetmérnök képzés az Óbudai Egyetemen** Motivációs beszélgetés környezetmérnök hallgatókkal a továbbtanulásról, a képzésről és a fenntarthatóságról (*Óbudai Egyetem, Rejtő Sándor Könyvnyűipari és Környezetmérnöki Kar*)

13:30-14:00 **Csomagolás-Fenntarthatóság** Fenntartható csomagolóipar kihívásai - beszélgetés szakemberekkel (*Óbudai Egyetem, Rejtő Sándor Könyvnyűipari és Környezetmérnöki Kar*)

14:00-14:30 **Tudod-e mit iszol?** Üdítőitalok, víz pH és vezetőképességének mérése (*Óbudai Egyetem, Rejtő Sándor Könyvnyűipari és Környezetmérnöki Kar*)

14:30-15:00 **Zajos élet** Hogyan hatnak ránk a zajok, zajmérés a helyszínen (Óbudai Egyetem, Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar)

szeptember 28.

10:00-12:00 **Vízhiány, víztöbblet, vízminőség** előadás(ok), projektbemutató (programot követően továbbtanulási motivációs beszélgetés) (Debreceni Egyetem-Mezőgazdaság, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet)

13:00-13:30 **A víztudomány, a vízügyi képzések és a szemléletformálás lehetőségei** Víz tudományi Kar bemutatkozás (továbbtanulási motivációs beszélgetés) (Nemzeti Közszolgálati Egyetem - Víz tudományi Kar)

13:30-14:15 **Vízérték, fenntarthatóság és klíma adaptáció** Szakmai előadás (Nemzeti Közszolgálati Egyetem - Víz tudományi Kar)

14:15-15:00 **Vízérték, fenntarthatóság és klíma adaptáció** Interaktív beszélgetés (Nemzeti Közszolgálati Egyetem - Víz tudományi Kar)

szeptember 29.

10:00-12:00 **Bemutakoznak a BME vizes tanszékei** (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem-Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék & Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék)

13:00-14:00 **Háromszögű Kerekasztal - Üzleti szektor az oktatásban** Nyilvános beszélgetés a felsőoktatás és a piac együttműködéséről, céges ösztöndíjakról, gyakornoki lehetőségekről, igényekről, kutatásokról, duális képzésről (Maszesz MENTOR Egyesület)

szeptember 30.

10:00-12:00 **Vízre tesszük a jövőt!** Fotópályázat eredményhirdetés, vizes kvíz és játék (Maszesz MENTOR Egyesület)

Várjuk standunkon látogatóként, beszélgetőpartnerként!



A BIOGÁZ ÜZEMEK P2G ÉS SCWG-HU TECHNOLOGIÁK ALKALMAZÁSÁVAL VALÓ ENERGETIKAI FEJLESZTÉSE

HUJBER OTTÓ okl. villamosmérnök
otto.hujber@coopinter.hu, +36 20 944 8912

KIVONAT

A szennyvíziszapok és egyéb nedves biomasszák feldolgozásának klasszikus eszköze a biogáz erőmű. A biogáz erőművek technológiája kiforrott, energetikai hatásfokuk azonban meglehetősen alacsony. A működő biogáz erőművek nagy száma és a biogáz technológiában lévő jelentős üzleti potenciál arra sarkalt bennünket, hogy megfogalmazzuk a biogáz erőművek energetikai és környezetvédelmi szempontú fejlesztésének műszaki lehetőségeit.

A biogáz mintegy 40%-os CO² tartalma, valamint a rothasztott iszapban maradó szerves anyag, melynek mértéke az eredeti szervesanyag mennyiség 50%-a körül van, okozzák az alacsony energetika hatásfokot és a környezetszennyezést.

Ha a P2G technológiát a működő biogáz üzemekbe integráljuk, akkor a biogáz mintegy 40%-os széndioxid tartalmának több mint 95%-a metánná alakítható.

A szuperkritikus vizes elgázosítás (SCWG) rothasztott iszapok feldolgozására való alkalmazása mintegy megkétszerezheti a biogáz üzemek energiatermelését, valamint megszünteti a rothasztott iszapok elszállításával és lerakásával kapcsolatos költségeket. Az SCWG-HU eljárás végén desztillált vizet kapunk, amelyet

a P2G technológia vízbontója hasznosíthat. A kismennyiségű inert szilárd hulladékból kivonhatóak a foszforvegyületek.

Bemutatjuk, hogy a P2G és a SCWG-HU technológiák biogáz üzemekbe való integrálása, a mintegy kétszeresre növelhető energiatermelés mellett, jelentősen lecsökkentheti azok CO² emisszióját, szállítási-, valamint lerakási költségeit és egyben a biogáz üzemeket a körkörös gazdaság mintapéldájává teheti.

Kulcsszavak: szennyvíziszap, rothasztott iszap, szállítási költség, napelemek, szélerőművek, biogáz üzem, P2G eljárás, szuperkritikus vizes elgázosítás, SCWG, SCWG-HU, körkörös gazdaság, hatásfok, CO², széndioxid kibocsátás.

BEVEZETÉS

A mezőgazdasági- és élelmiszeripari hulladékok, valamint a lakóssági-, és az ipari szennyvíziszapok feldolgozásának legismertebb és leggyakrabban használatos módja a biogáz technológia.

A biogáz erőművek fontos szerepet töltenek be gazdaságunkban és a bennük rejlő további üzleti potenciál arra készítet bennünket, hogy közelebbről megvizsgáljuk a biogáz erőművek energetikai tulajdonságait és környezetvédelmi hatásait.

Tesszük ezt azért, hogy javaslatot telessünk a jelenleg működő biogáz üzemek energetikai hatásfokának feljavítása-, és környezet-szennyezésének csökkentése érdekében.

A lenti javaslatunk szerinti megoldások alkalmazásának eredményeképpen mintegy a kétszeresére növekedhet a jelenleg működő biogáz üzemek hasznos energiatermelése és jelentősen csökkenthető azok környezetterhelése. Ezzel meghosszabbítható a biogáz üzemek hasznos élettartama és új, magasabb szintre emelhető a bennük lévő gazdasági potenciál.

A biogáz erőművek energetikai hatásfokát és egyben környezeti hatását két fő tényező határozza meg.

Az egyik az, mely szerint a feldolgozandó szervesanyagoknak csak mintegy 50%-ából keletkezik biogáz, annak többi része a rothasztott iszapban marad [1].

A másik tényező az, hogy a metanizáló baktériumok működésének eredményeképpen, a biogáz mintegy 40%-a széndioxid.

Mindebből az következik, hogy a biogáz energiataralma csupán $0,5 \cdot (1 - 0,4) = 0,3$ vagyis, a bevitt szervesanyag energiataralmának 30%-a körül van.

A biogáz üzemek nettó energiatermelő képességének vizsgálatához figyelembe kell vennünk annak önfogyasztását, a reaktorok (rothasztók) 16-21 napon keresztül történő keverésének és fűtésének energiaszükségletét. Figyelembe kell venni a visszamaradó rothasztott iszap elszállításának és lerakásának energiafelhasználását is.

A különféle szakirodalmi adatok [1, 2] alapján a **biogáz nettó energiataralma** a bevitt energiataralomnak csupán a **27%-a körül lehet** (ha mintegy 10-os önfogyasztással számolunk).

Ha a 40% körüli széndioxid tartalmú biogázból villamosenergiát akarunk előállítani, akkor a magas széndioxidtartalom miatt, 35% körüli villamos hatásfokkal számolhatunk. Ebből az következik, hogy a biogáz üzemek bruttó villamos hatásfoka $0,27 \cdot 0,35 = 0,0945$ vagyis a biogáz bruttó energiataralmának 9,45%-a. A nettó villamos hatásfok kalkulációjához figyelembe kell venni a rendszer villamos önfogyasztását is. Ha 10% körüli villamos önfogyasztással számolunk, akkor $9,45 - 0,1 \cdot 9,45 =$ **8,5%-os nettó villamos hatásfokot** kapunk.

A különféle szakirodalmi adatok [2, 3] alapján a biogáz üzemek nettó villamos hatásfoka 7% és 9% között van.

A nettó energetikai hatásfok az önfogyasztáson felül felhasználható energia arányát jelöli – a bevitt energia többi része a veszteség, ami egyben meghatározza a környezetterhelés mértékét is.

A biogáz üzemek környezetszennyezése részben a biogáz 40%-os széndioxid tartalmában-, részben pedig rothasztott iszap elszállításában és lerakásában-, azok üvegház hatású gáz-kibocsátásában rejlik.

Ezen tényezők közül a lerakott rothasztott iszapok által kibocsátott széndioxid környezetszennyező hatása a legjelentősebb, mivel annak mennyisége a bevitt energiataralom mintegy ötven százalékával arányos.

A biogáz üzemek feljavítása a két fentebb jelzett veszteségforrás megszüntetésével lehetséges. Amennyiben a rothasztott iszapokban maradt szervesanyagot szuperkritikus vizes elgázosítással (SCWG) szintézisgázzá alakítjuk [4, 5, 6], akkor megszűnik a rothasztott iszapok elszállításával és lerakásával kapcsolatos energiaveszteség és emisszió, valamint

a jelentős (mintegy 15 ezer Ft/tonna) szállítási és lerakási költség is.

Ha a biogáz széndioxid tartalmát P2G eljárással metanizáljuk, akkor megszüntetjük a mintegy 40%-os széndioxid-kibocsátást. (Ez az eljárás egyben lehetőséget nyújt a megújuló nap-, és szél energia szezonális tárolására is.)

A jelen dolgozat célja, hogy ismertesse a fentiekben hivatkozott technológiáknak a biogáz üzemek fejlesztése céljából történő alkalmazását, valamint alkalmazásuk műszaki, gazdasági jellemzőit, és a javasolt eljárások bevezetésétől várható eredményeket.

A P2G és a SCWG-HU technológiák alkalmazásának hatását-, valamint az alkalmazások anyag-, és energiamérlegeit az alábbi esetekre vizsgáljuk:

1. Csak a P2G eljárás alkalmazását a biogáz minőségének feljavítására, a biogáz metanizációjának útján.
2. ArothasztottiszapSCWG-HUfeldolgozása, plusz a biogáz és a szintézisgáz együttes P2G metanizációja esetét.
3. A teljes iszapmennyiség közvetlen (biogáz üzem nélküli) SCWG-HU feldolgozását és a szintézisgáz P2G metanizációját.

A P2G ÉS SCWG ELJÁRÁSOK ALKALMAZÁSÁNAK MŰSZAKI-GAZDASÁGI HATÁSAI

1. A P2G eljárás alkalmazása biogáz minőségének feljavítására, a biogáz metanizálása útján.

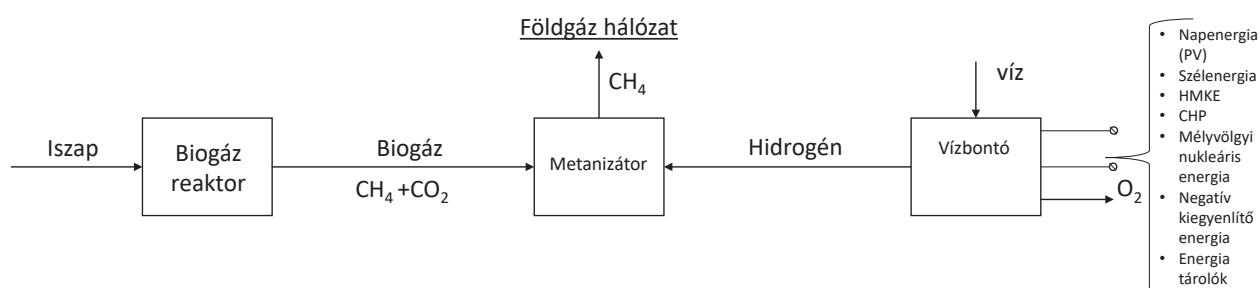
A P2G technológia biogáz üzemebe történő integrálásának egy lehetséges módját az 1. számú ábra mutatja.

Lehetséges megoldás még az in-situ metanizálás és a széndioxid biogázból való leválasztása, majd annak metanizálása, is.

Az 1. sz. ábrán mutatott esetben a teljes biogáz, annak 40% körüli széndioxid tartalmával-, valamint a vízbontóból származó hidrogénnel együtt, a metanizátorba kerül, ahol a széndioxid mintegy 95%-a metánná alakul. Ez az eljárás közismert, és a szakirodalmi adatok [7, 8, 9] alapján ez a P2G eljárás alkalmazásának legperspektivikusabb módja, a P2G technológia közeljövőben várható leggyakoribb applikációja lehet. Ez a technológia hatásosan segítheti az időjárásfüggő megújuló erőművek menetrendtartását is [10, 11].

A várható gazdasági eredmények számszerűsítése céljából mind a 3 fenti esetre ugyanazon üzemnagysággal számolunk.

A számítások alapjául 250 m³/h biogázt veszünk 40% széndioxid tartalommal.



1. ábra

Ennek a metántartalma $0,6 \cdot 250 \text{ m}^3/\text{h} = 150 \text{ m}^3/\text{h}$; $150 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 8.000 \text{ h}/\text{év} = 1.200.000 \text{ m}^3/\text{év}$.

Ennek energiatartalma: $1.200.000 \text{ m}^3/\text{év} \cdot 34 \text{ MJ}/\text{m}^3 : 1.000 \text{ MJ}/\text{GJ} = 40.800 \text{ GJ}/\text{év}$;
 $40.800 \text{ GJ}/\text{év} : 3,6 \text{ GJ}/\text{MWh} = 11.333 \text{ MWh}/\text{év}$

A $250 \text{ m}^3/\text{h}$ biogáz energiatartalma $0,6 \cdot 250 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 34 \text{ MJ}/\text{m}^3 = 5.100 \text{ MJ}/\text{h}$.

Egy átlagos lakószági szennyvíziszap energiatartalmával számolva, és figyelembe véve, hogy a szervesanyag mintegy 50%-a a rothasztott iszapban marad, valamint a szervesanyag másik 50%-ának csak a 60%-ából lesz metán, ez $5.100 \text{ MJ}/\text{h} : 4.180 \text{ MJ}/\text{t} : 0,5 : 0,6 = 4,067 = 4,1 \text{ t}/\text{h}$ iszap.

Figyelembe kell vennünk a biogáz üzem mintegy 10%-os önfogyasztását is $4,1 : 0,9 = 4,56 \text{ t}/\text{h}$ nyers iszap igényt jelent, a $250 \text{ m}^3/\text{h}$ biogázmennyiség előállításához.

Így a biogáz üzembe bevitt energiatartalom éves mennyisége: $4,56 \text{ t}/\text{h} \cdot 4,18 \text{ GJ}/\text{t} \cdot 8.000 \text{ h}/\text{év} : 3,6 \text{ GJ}/\text{t} = 42.357 \text{ MWh}/\text{év}$, ami a fentebb kalkulált $11.333 \text{ MWh}/\text{év}$ energiatartalmú biogáz előállításához szükséges.

A biogáz üzembe bevitt nyers-iszapból keletkező rothasztott iszap mennyisége mintegy 94%-a nyers iszap mennyiségének, vagyis: $0,94 \cdot 4,56 \text{ t}/\text{h} = 4,29 \text{ t}/\text{h}$.

A rothasztott iszapok fajlagos energiatartalma [12] $2.320 \text{ MJ}/\text{t}$.

Becslés alapján, az időjárásfüggő megújuló energiák számára megfelelő nagyságú villamosenergia tárolókapacitást-, és mélyvölgyi nukleáris energia felhasználást-, valamint 90%-os üzemkésztséget feltételezve, évi 3.942 óra vízbontó üzemidővel számolunk.

A kalkulációk során 95%-os metanizációs hatásfokot veszünk figyelembe.

Ilyen feltételek mellett a P2G eljárás segítségével $0,4 \cdot 250 \text{ m}^3/\text{h} = 100 \text{ m}^3/\text{h}$ széndioxiddal számolva; $100 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 1,98 \text{ kg}/\text{m}^3 = 198 \text{ kg}/\text{h}$; $198 \text{ kg}/\text{h} \cdot 3.942 \text{ h}/\text{év} \cdot 0,95 = 741.490 \text{ kg}/\text{év} = 742 \text{ t}/\text{év}$ széndioxid légkörbe jutását tudjuk megakadályozni.

A kalkulált $742 \text{ t}/\text{év}$ széndioxid légkörbe jutásának megakadályozásához $100 \text{ m}^3/\text{h} \text{ CO}_2 \cdot 4 \text{ m}^3 \text{ H}_2 = 400 \text{ m}^3$ hidrogén szükséges, ami mintegy $1,8 \text{ MW}$ villamos teljesítményű, jó hatásfokú alkáli vagy PEM vízbontót feltételez.

A $1,8 \text{ MW}$ teljesítményű vízbontó által felhasznált villamosenergia mennyisége $1,8 \text{ MW} \cdot 3.942 \text{ h}/\text{év} = 7.096 \text{ MWh}/\text{év}$. Az ebből az energiamennyiségből készített hidrogén segítségével a metanizátorban $100 \text{ m}^3 \cdot 3.942 \text{ h}/\text{év} = 394.200 \text{ m}^3/\text{év}$ metán keletkezik (ugyanannyi, mint az átalakítandó széndioxid mennyisége). A 394.200 m^3 metán energiatartalma: $394.200 \text{ m}^3/\text{év} \cdot 34 \text{ MJ}/\text{m}^3 = 13.402.800 \text{ MJ}$;

$13.402,8 \text{ GJ}/\text{h} : 3,6 \text{ GJ}/\text{MWh} = 3.723 \text{ MWh}$.

A tárgyi P2G eljárás metanizációs hatásfoka: $3.723 \text{ MWh} : 7.096 \text{ MWh} = 0,525$, vagyis 52,5%.

A P2G technológiával kiegészített biogáz üzem metántermelő energetikai hatásfokának számításánál a bemenő nyers iszap energiatartalmának-, plusz a vízbontó energiafogyasztásának összegét kell viszonyítani a keletkező biogáz-, plusz a metanizátorban keletkező metán energiatartalmainak összegéhez: $(11.333 \text{ MWh} + 3.723 \text{ MWh}) : (42.357 \text{ MWh} + 7.096 \text{ MWh}) =$

$15.056 : 49.453 = 0,3044$, vagyis 30,4 %.

Ez azt is jelenti, hogy a bio-metanizáció 52,5%-os hatásfoka megemelte a biogáz

üzem ($100 \cdot 11.333 \text{ MWh} : 42.357 \text{ MWh} = 26,8$) közel 27%-os hatásfokát 30,4%-ra.

A P2G eljárás által történő kibocsátáscsökkentés után fennmaradó CO₂ kibocsátás mértéke:

$100 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 1,98 \text{ kg}/\text{m}^3 \cdot 8.000 \text{ óra}/\text{év} = 1.584.000 \text{ kg}/\text{év} = 1.584 \text{ t}/\text{év} - 742 \text{ t}/\text{év} = 842 \text{ t}/\text{év CO}_2$.

A rothasztott iszapban maradt szerves szén mintegy 46%-a, annak lerakását követően, talajból kibocsátott széndioxidá alakul [13]. Ez megközelítőleg $250 \text{ m}^3 \cdot 0,46 = 115 \text{ m}^3/\text{h}$ átlagos CO₂ kibocsátást jelenthet.

Így a rothasztott iszap lerakásának éves üvegházhatása 8.000 üzemórával számolva $115 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 1,98 \text{ kg}/\text{m}^3 \cdot 8.000 \text{ h}/\text{év} = 1.821.600 \text{ kg}/\text{év} = 1.822 \text{ t}/\text{év CO}_2$ kibocsátás. Ez több mint a kétszerese a P2G technológia általi CO₂ kibocsátás-csökkentésnek.

Az 4,29 t/h rothasztott iszap szállításával kapcsolatos széndioxid kibocsátás nagysága 50 gr/tonna km, lásd az irodalomjegyzékben a [14] cikket. A szállítás átlagos távolságát 40 km-re vehetjük.

Ennek alapján a rothasztott iszapok elszállításával kapcsolatos kibocsátás: $4,29 \text{ t}/\text{h} \cdot 8.000 \text{ h}/\text{év} \cdot 40 \text{ km} \cdot 50 \text{ gr}/\text{t km} = 68.640.000 \text{ gr}/\text{év} = 68.640 \text{ kg}/\text{év} =$ mintegy 69 t/év CO₂

Ezzel a P2G technológia bevezetése után 4,56 t/h mennyiségű szennyvíziszap metántermeléssel kapcsolatos CO₂ emissziójának nagysága: $842 + 1.822 + 69 = 2.733 \text{ t}/\text{év}$

Az 4,29 t/h rothasztott iszap éves lerakási költsége, beleértve a szállítási költséget is, 8.000 óra éves üzemidővel számolva $8.000 \text{ h}/\text{év} \cdot 3,85 \text{ t}/\text{h} \cdot 15.000 \text{ Ft}/\text{t} = 507.480.000 \text{ Ft}$ (507,5 millió Ft/év).

Megjegyzés:

Az 4,56 t/h mennyiség 8.000 h $\cdot 4,56 \text{ t}/\text{h} = 36.480$ tonna éves mennyiség.

A magyarországi víztelenített (80% nedves-ségtartalmú) lakossági szennyvíziszap éves mennyisége 1.230.000 tonna.

Ez azt jelenti, hogy az országos iszapmennyiség $1.230.000 \text{ t}/\text{év} : 36.480 \text{ t}/\text{év} = 33,7$ -szeres nagyságú, a jelen dolgozatban kalkulált mintautazem iszapmennyiségéhez képest.

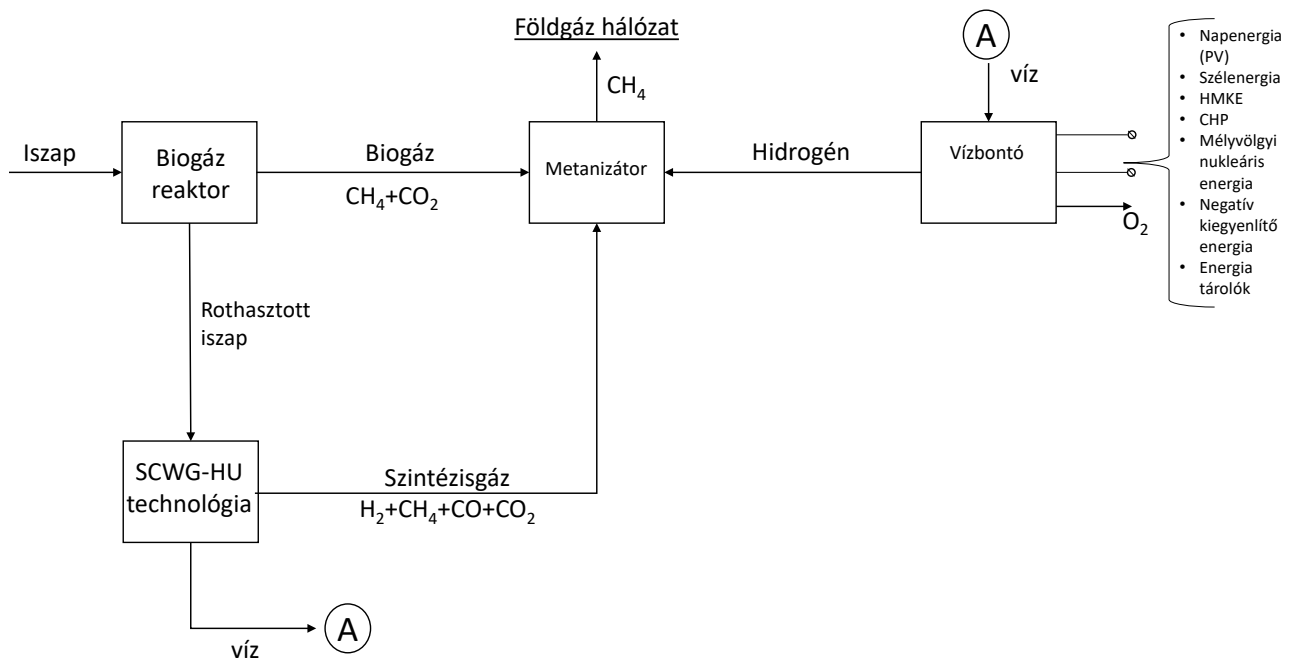
2. A rothasztott iszap SCWG-HU feldolgozása, valamint a biogáz és a szintézisgáz együttes P2G metanizálása.

A SCWG-HU és a P2G technológiák biogáz üzemébe történő együttes integrálásának módját az 2. sz. ábra mutatja.

A SCWG-HU technológia folyamatábráját, felépítésének és működésének részletes leírását, amely meghaladja ezen dolgozat kereteit, a [6] cikk tartalmazza. A SCWG technológiákkal és alkalmazásukkal kapcsolatosan még értékes információ található a [15, 16, 17] szakcikkekben.

A rothasztott iszap SCWG feldolgozása eredményeképpen keletkező szintézisgáz hidrogént, metánt, széndioxidot és kisebb mennyiségben egyéb gázokat tartalmaz [18].

A szintézisgáz összetétele katalizátor (pl. káliumhidroxid) segítségével befolyásolható és elérhető, hogy annak összetétele mintegy 50%-ban hidrogén legyen, 29% körüli metánt, 12% körüli széndioxidot, valamint 9% körüli egyéb gázt (például szénmonoxidot) tartalmazzon. A szintézisgázt, a biogázzal együtt, a metanizátorba juttatjuk, ahol az alkalmazott mikroorganizmusok elvégzik a benne lévő széndioxid metánná alakítását [19]



2. ábra

Mivel a szintézisgáz esetében a hidrogén mennyisége általában elérheti a benne lévő széndioxid mennyiségének a négyszeresét, így a vízbontó teljesítményének meghatározásánál nem kell a szintézisgáz széndioxid tartalmát figyelembe venni. Természetesen, amennyiben ez nem így van, és a szintézisgáz széndioxid tartalma magasabb, valamint még jelentős mennyiségű szénmonoxidot is tartalmaz, akkor ezt figyelembe kell venni a vízbontó méretezésénél, a többlet hidrogén-igény miatt.

Szennyvíziszap feldolgozása esetén az SCWG-HU eljárás energetikai hatásfoka 68% és 77% között lehet az üzemnagyság függvényében. A jó hatásfok fő okai az iszap előkészítésében és a reaktor szerkezetében, valamint a reaktor előtt és után való megfelelő hőcserélők alkalmazásában van [20], melyekkel a reaktorból távozó elegy hőtartalmát a reaktorba belépő elegy felmelegítésére fordítjuk.

A rothasztott iszaptól SCWG-HU eljárással még jelentősen több hő-, és/vagy villamosenergia termelhető, mint amennyi a biogáz üzemben már keletkezett. Ennek oka az, hogy bár a rothasztott iszapban maradt szervesanyag mennyiségét óvatos becsléssel 50%-nak tekinthetjük, de a SCWG-HU technológia termikus hatásfoka 68% körül van, míg a biogáz üzem termikus hatásfoka mintegy 27%.

A rothasztott iszaptól SCWG-HU eljárással termelhető metán mennyisége meghatározásának egyszerűsített módja szerint a rothasztott iszap mennyiségéből és energiataartalmából, valamint a SCWG-HU eljárás termikus hatásfokából indulunk ki (lásd fentebb a kiinduló adatokat).

$4,29 \text{ t/h} \cdot 8.000 \text{ óra/év} \cdot 2.320 \text{ MJ/t} \cdot 0,68 : 34 \text{ MJ/m}^3 = 1.592.448 \text{ m}^3 \text{ metán/év}$. Ez a metánmennyiség mintegy 30%-kal meghaladja a biogázból nyert metán mennyiségét (1.200.000 m³/év).

A rothasztott iszapól keletkező metán energiatartalma: $1.592.448 \text{ m}^3/\text{év} \cdot 34 \text{ MJ/m}^3 : 1.000 \text{ MJ/GJ} = 54.143,2 \text{ GJ}/\text{év}$; $54.143,2 \text{ GJ} : 3,6 \text{ GJ/MWh} = 15.040 \text{ MWh}/\text{év}$.

A SCWG-HU és P2G technológiával kiegészített biogáz üzem metántermelő energetikai hatásfokának számításánál is a bemenő nyers iszap energiatartalmának-, plusz a vízbontó energiafogyasztásának összegét kell viszonyítani a keletkező biogáz-, plusz a metanizátorban keletkező metán-, plusz a SCWG-HU eljárásban keletkező szintézisgáz energiatartalmainak összegéhez: $(11.333 \text{ MWh} + 3.723 \text{ MWh} + 15.040 \text{ MWh}) : (42.357 \text{ MWh} + 7.096 \text{ MWh}) = 30.096 \text{ MWh} : 49.453 \text{ MWh} = 0,609$ vagyis 60,9 %.

Ez azt is jelenti, hogy a bio-metanizáció 52,5%-os hatásfoka és a biogáz üzem 27% körüli hatásfoka lecsökkentette a SCWG-HU hatásfokát 68 % körüli hatásfokát 60,9 %-ra.

Az SCWG-HU eljárás rothasztott iszapok feldolgozására való bevezetése megszünteti az azok elszállításával és lerakásával kapcsolatos költségeket (507,5 millió Ft/év), és a szállítással kapcsolatos emissziót (69 t/év), valamint a lerakásból származó CO_2 talajemissziót (1.822 t/év), így annak nagysága 842 t/év széndioxid lehet – a lásd az előző pontot.

A többlet energiatermelés további kiadás-csökkenést (vagy plusz árbevételt) jelenthet, növelve a szennyvíztelep szállítási és lerakási költségeinek megszűnése miatti eredményt.

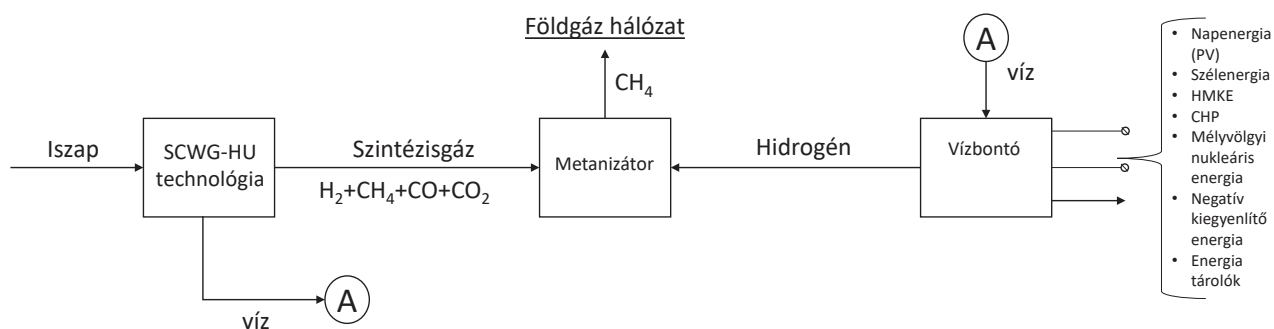
3. A teljes iszapmennyiség közvetlen SCWG-HU feldolgozása és a szintézisgáz P2G metanizációja.

A SCWG-HU technológia közvetlenül iszapfeldolgozásra való felhasználásának módját az 3. sz. ábra mutatja.

Ez a megoldás nem a meglévő, jól üzemelő biogáz erőművek műszaki feljavítását szolgálja, hanem a biogáz technológia kiváltását, például annak teljes amortizációja esetén.

Mivel a rothasztott iszapok mennyisége csak mintegy 6%-kal kevesebb a kezelt bemenő iszapok mennyiségénél, célszerű a 2. pont alatt javasolt megoldás SCWG-HU üzemének méretét 6 – 8 %-kal túlméretezni, hogy a biogáz üzem teljes amortizációját követően azzal a teljes iszapmennyiséget biogáz üzem nélkül is, külön beruházás nélkül, közvetlenül fel lehessen dolgozni.

A szennyvíziszapok közvetlen SCWG-HU feldolgozása esetén ugyanolyan környezeti



3. ábra

hatás (emisszió) érhető el, mint amit a 2. pont alatt ismertettünk, csak még jobb energetikai hatások, valamint kisebb CAPEX és OPEX mellett.

A vonatkozó CAPEX és OPEX számok meghatározása, illetve részletes vizsgálata meghaladja ezen tanulmány kereteit. Azonban könnyű belátni, hogy a két üzem (biogáz plusz SCWG) CAPEX és OPEX számai jelentősen magasabbak, mint amikor csak a SCWG-HU eljárás létezik és üzemel.

A 4,56 t/h nyers iszap SCWG-HU feldolgozásával $4,56 \text{ t/h} \cdot 8.000 \text{ h/év} \cdot 4.180 \text{ MJ/t} \cdot 0,68$: $34 \text{ MJ/m}^3 = 3.049.728 \text{ m}^3/\text{év}$ metánnak megfelelő energiatartalmú szintézisgáz keletkezik. Mivel a metanizátor energetikai hatásfoka 83% körül van, ezzel be kell szorozni a szintézisgáz mennyiségét, vagyis $3.049.728 \cdot 0,83 = 2.531.274 \text{ m}^3/\text{év}$ metán mennyiséggel számolhatunk. Ez a mennyiség még mindig több mint kétszerese a biogáz metán tartalmának ($1.200.000 \text{ m}^3/\text{év}$). Ebből az is látható, hogy ha a prioritás nem a széndioxid kibocsátás csökkentése, hanem a minél nagyobb energiatermelés, akkor a szintézisgáz összetételét nem hidrogénre, hanem metánra kell optimalizálni, megfelelő katalizátor alkalmazásával. Akkor megtakaríthatjuk a metanizátor energetikai hatásfokából eredő veszteségeket. Ebben az esetben $3.049.728 \text{ m}^3 : 2.531.274 \text{ m}^3 = 1,205$ vagyis 20,5%-kal több energiát kapunk. Így még jelentősebb a SCWG-HU eljárás előnye a biogáz technológiával szemben $3.049.728 : 1.200.000 = 2,54$ vagyis az SCWG-HU üzemből keletkező szintézisgáz energiatartalma mintegy a két

és félszerese a biogáz üzemből nyerhető metán energiatartalmának.

A SCWG-HU üzemből keletkező szintézisgáz energiatartalma $4,56 \text{ t/h} \cdot 8.000 \text{ h/év} \cdot 4,18 \text{ GJ/t} \cdot 0,68 = 103.691 \text{ GJ/év}$; $103.691 \text{ GJ/év} : 3,6 \text{ GJ/MWh} = 28.803 \text{ MWh/év}$

A 3. sz. ábrán jelöltük a vízbontót is, arra az esetre, ha a szintézisgázban több metán és kevesebb hidrogén keletkezik, tehát a szintézisgáz széndioxid tartalmának a metanizáláshoz szükség van a vízbontóból származó hidrogénre is, de az egyszerűség kedvéért ezzel az esettel most nem számolunk.

A biogáz technológia helyett csak a SCWG-HU eljárás alkalmazása új beruházás esetén is megfelelő megoldás lehet, ha olyan nedves biomasszák feldolgozásáról van szó, amelyek biogáz technológiával való feldolgozása nehéz és rosszabb hatásfokú, pl. a lignin esetében (lásd lignin-zagy, a 2. generációs bioetanol gyártás mellékterméke). A nagy nedvességtartalmú fosszilis energiahordozók, például az 50% körüli nedvességtartalmú lignitek feldolgozása biogáz üzemből nem is lehetséges, viszont a SCWG-HU eljárás a lignitek esetében tisztaszen technológiát jelenthet. Az SCWG-HU technológiával elérhető lehetőségekkel kapcsolatosan a [20] szakcikk nyújt bővebb információt.

Megjegyzés:

A fenti 1., 2., 3. ábrák csak elvi vázlatok, amelyek nem tartalmazzák minden működéshez szükséges elemet (szelepeket, tartályokat, kompresszorokat, szeparátorokat stb.).

ÖSSZEFOGLALÁS

A vizsgált 3 technológiai változat műszaki gazdasági jellemzőit az alábbi két táblázatban foglaltuk össze.

Az 1. számú táblázat a vizsgált 4,56 t/h (36.480 t/év) kapacitású üzemméretre számított adatokat tartalmazza.

A táblázat vízszintes sorai a 3 különféle technológiára vonatkozó adatokat tartalmazzák, a függőleges oszlopokban megjelölt környezeti, energetikai jellemzőket illetően.

Az 1.-ső és 2.-ik oszlop a metán-termelés CO² emisszióját mutatja be, annak három fő típusával: a biogázban lévő-, a rothasztott iszap lerakása-, és a rothasztott iszap szállítása következtében keletkező CO² kibocsátásokat. Nem számolunk a termelt metán, és szintézisgáz gázmotorban vagy kazánban való elégetésének széndioxid kibocsátásával, mivel

az mind a 3 technológia esetében ugyanolyan kibocsátási jellemzőkkel bír. (Ez a fajta kibocsátás szüntethető meg a gázmotor alapú, zéró CO² kibocsátású, szintetikus földgázt előállító, zárt ciklusú körforgásos P2G eljárással – lásd www.coopinter.hu/letöltések).

A 9.-ik oszlopban szereplő energetikai hatásokokat az adott technológiából metán és/vagy szintézisgáz formájában nyert energiamennyiség-, és a rendszerbe nyers iszap-, plusz a vízbontót működtető karbonmentes (nap, szél, nukleáris) energia formájában bevitt energiamennyiség hányadosaként határoztuk meg: a 3.+4.+7. oszlop értékeinek összege osztva a 6.+8. oszlop értékei összegével. Az egyes technológiák által a nyers-iszapból termelhető energiamennyiségeket a 10. oszlop tartalmazza.

A rothasztott iszapok elszállításával és lerakásával kapcsolatos költségnek nincs oszlopa,

1.sz. táblázat	1.CO2 emisszió csökkentés (t/év)	2.CO2 emisszió, annak csökkentése után (t/év)	3.Termelt biogáz-energia, metán (MWh/év)	4.Termelt SCWG energia, metán (MWh/év)	5.Vízbontó teljesítménye (MW)	6.Felhasznált karbonmentes villamosenergia (MWh/év)	7.Termelt P2G energia, metán (MWh/év)	8.A biogáz és a SCWG üzemekbe bevitt iszap-energia (MWh/év)	9.Energetikai hatások (%)	10.Az iszapból termelhető energia mennyisége (MWh/év)
1. Csak a P2G eljárás alkalmazása biogáz feljavításra, a biogáz metanizációja útján.	742	2.733	11.333	---	1,8	7.096	3.723	42.357	30,4	11.333
2. A rothasztott iszap SCWG-HU feldolgozása, plusz a biogáz és a szintézisgáz együttes P2G metanizációja.	2.633	842	11.333	15.040	1.8	7.096	3.723	42.357	60,9	26.373
3. A teljes iszapmennyiség közvetlen SCWG-HU feldolgozása és a szintézisgáz P2G metanizációja.	3.475	---	---	28.803	---	---	---	42.357	68,0	28.803

annak értéke a mintaüzem esetében 507,5 millió Ft/év, országosan 17.1 milliárd Ft/év.

KÖVETKEZTETÉSEK

A P2G és SCWG-HU technológiák szennyvíztelepi biogáz üzemekbe való integrálása feljavítja a biogáz üzemek műszaki paramétereit, azok együttes bevezetése gazdasági- és környezeti szempontból is célszerű.

A P2G technológia biogáz üzembe való integrálása CO² emisszió csökkentéssel jár, a biogáz széndioxid tartalma metanizálásának köszönhetően. Egyben lehetővé teszi a karbonmentes villamos energiák szezonális tárolását is.

Ha a P2G technológia mellé, a rothasztott iszapok feldolgozása céljából, a SCWG-HU technológiát is integráljuk a biogáz üzemekbe, akkor több mint kétszeresére nő a telep iszaptól való energiatermelése és mintegy háromszorosára nő a CO² emisszió csökkentésének mértéke.

Ennek oka az, hogy az emisszió forrása a biogáz 40% körüli széndioxid tartalma mellett, elsősorban a rothasztott iszap lerakásból származó talajemisszió, valamint a szállítási emissziója.

A SCWG-HU eljárás integrálásának jelentős hozadéka a rothasztott iszapok energiahasznosítása mellett az azokkal kapcsolatos szállítási és lerakási költségek drasztikus csökkentése.

Ha a nyers iszapot közvetlenül SCWG-HU technológiával dolgozzuk fel (például a biogáz üzem teljes amortizációját követően), akkor a telep energiatermelése még további 20% körüli mértékben nő,

a CO²emisszió-csökkenés pedig több mint a négyszerese lehet, a csak P2G technológia alkalmazásához képest.

Ebben az esetben is megszűnnek a rothasztott iszapokkal kapcsolatos szállítási és lerakási költségek.

A tárgyi tanulmány kimutatta, hogy a biogáz üzemek feljavításának legcélszerűbb módja, ha azok két legjelentősebb veszteség-, és emisszióforrását, a biogáz széndioxidtartalmát és a rothasztott iszapokat egyszerre szüntetjük meg: a P2G eljárással a biogáz széndioxid tartalmát metanizáljuk, a SCWG-HU technológiával pedig a rothasztott iszapok energiataralmát hasznosítjuk, valamint megszüntetjük az azok szállításával és lerakásával kapcsolatos költségeket és a kapcsolódó CO² emissziót.

Magyarországon az 1,23 millió tonna/év víztelenített szennyvíziszap 970.661 MWh/év megújuló energiaforrást jelent, amelynek SCWG-HU feldolgozása, a villamosenergia termelés mellett, mintegy 8.450 t/év karbonzegény hidrogén előállítását is lehetővé teheti, 117.108 t/év széndioxid-kibocsátás megakadályozása mellett.

A SCWG-HU eljárás szennyvíztelepekbe való integrálása mintegy 17,1 milliárd Ft/év szállítási és lerakási költség megtakarítását teszi lehetővé, a rothasztott-iszapokkal kapcsolatosan felmerülő szállítási igény drasztikus (90% feletti) csökkentésének köszönhetően.

A SCWG-HU technológia szennyvíztelepi alkalmazása lehetővé teheti a technológiai eljárás végén a maradvány-anyagból a foszfor-vegyületek kivonását, és keletkeztethet mintegy évi kilencszázmillió liter 650 °C-on

kezelt tiszta vizet ipari célra, pl. a P2G technológia elektromos vízbontóinak tápvizét biztosíthatja.

Korunk legnagyobb kihívásai közé tartozik a lerakott hulladékok- és a széndioxid-kibocsátás mennyiségének csökkentése, a körkörös gazdaság és a hidrogéngazdaság megteremtése, a megújuló energiaforrások

hasznosítása, valamint az energiahordozók importjától való részleges függetlenedés.

A rothasztott iszapok SCWG-HU technológiával történő feldolgozása egyszerre felel meg mindezen célkitűzéseknek. A fenti előnyök célszerűvé teszik egy szennyvíztelepi SCWG-HU pilot projekt mielőbbi megvalósításának kormányzati támogatását.

▶ IRODALOMJEGYZÉK

ÖNÉLETRAJZ:



Hujber Ottó okl. villamos mérnök (Moszkvai Energetikai Egyetem, 1979, Summa Cum Laude), a Coopinter Kft. műszaki igazgatójaként a nedves biomasszák hasznosítási lehetőségeivel foglalkozik. Fő kutatási és fejlesztési területe a szuperkritikus vizek ipari hasznosítása, kiemelt tekintettel a szuperkritikus vizes oxidációs-, (SCWO) és a szuperkritikus vizes elgázosítási (SCWG) technológiákra.

Egy dolog feltehetően akkor egyszerű, ha többféleképpen is pontosan le tudjuk írni anélkül, hogy azonnal egyértelművé válna: ugyanarról a dologról van szó.

R. Feynman

A SZENNYVÍZTISZTÍTÁS HATÉKONYSÁGÁNAK JAVÍTÁSA MÓDOSÍTOTT BIOLÓGIAI SZŰRÉSEL

TOLNAI BÉLA

BioModel Bt.

tolnaibela51@gmail.com

Kulcsszavak: biológiai víztisztítás, szennyvíztisztítás, Pe-szám, kavitron alkalmazása

TARTALMI ÖSSZEFOGLALÓ

A biológiai víztisztítás a szennyező molekulák lebontását végzi, amely enzimek által katalizáltan történik. A folyamat két egymást követő részfolyamatra bontható. Az elválasztás a biofilmen kívüli és a biofilmen belüli jelenségek alapján történik. A biofilmen kívül az anyagtranszport a meghatározó. A biofilmen belül a biokémia törvényei a dominálnak.

A lebontás feltételeinek javítása a jelenséget leíró összefüggések paramétereinek befolyásolása révén lehetséges. Elsősorban a biofilmek tápanyagellátását szabályozhatjuk. A tápanyagellátás mennyiségi állapotát a Pe-szám (Peclet) jellemzi, amelynek optimális értéke: $Pe=1$. A partiszűrésnél $Pe = 10$ a jellemző érték, mesterséges körülmények közt megvalósított biológiai szűrések esetében ennél nagyságrendekkel nagyobb számok érhetők el. Az eleveniszapos szennyvíztisztítás a nagy Pe-számmal jellemezhető folyamatok közé tartozik. A szennyvíztisztítás hatékonyságjavításakor a műveletek célja a Pe-szám csökkentése.

A biofilmen belüli történések befolyásolására egyelőre kevés a lehetőség.

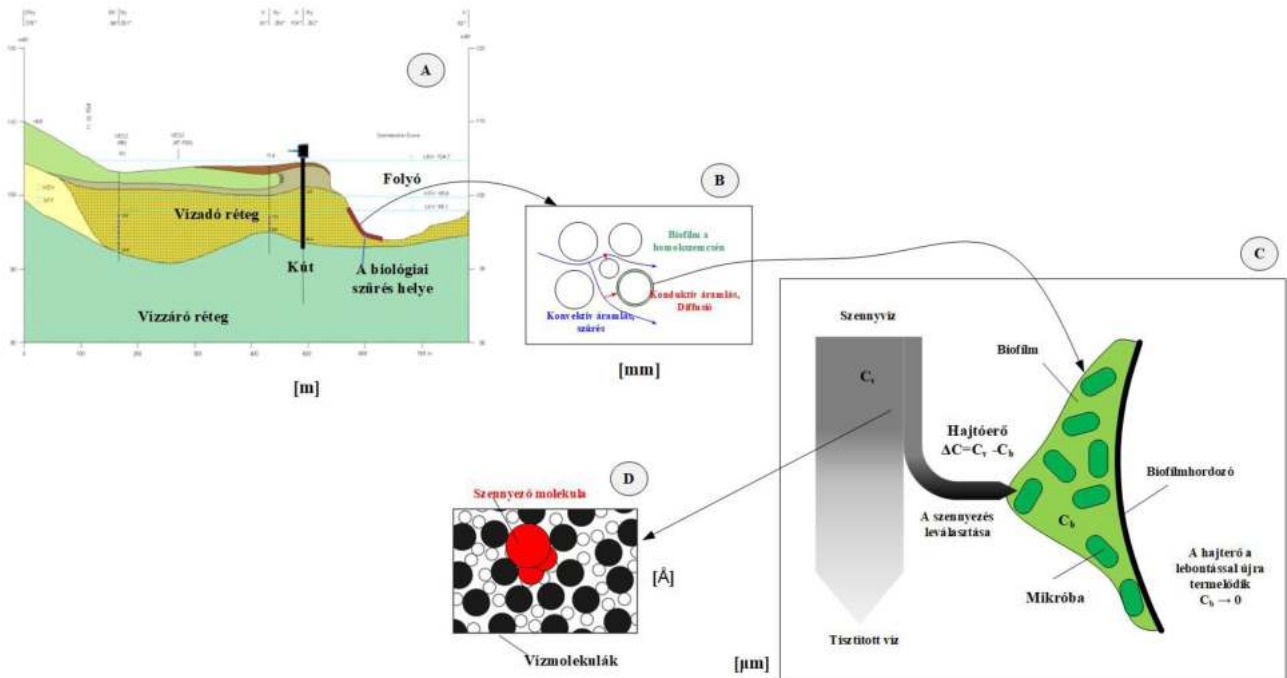
1. BEVEZETÉS

A biológiai szűrés folyamata leginkább a partiszűrés jelenségén figyelhető meg. A vízfolyások partszakaszán kutat a szűrőréteg megcsapolása érdekében építünk. A kútban a szivattyúzás a vízadó rétegben vízmozgást hoz létre (lásd 1. A ábra). A vízsebesség a part menti a rétegben a lekisebb ($0,1 \text{ m/d}$), a kútig a sebesség cca 10000-szeresre nő. A biológiai szűrés a folyó és a vízadóréteg találkozásától indul el. Az itt kialakuló biológiailag aktív vízadóréteg vastagsága csupán néhány méter (Jekel, Grünheid. 2005).

Az áramvonal elején a homokszemcsék felületén biofilm alakul ki. A homokszemcsék között szivárgó víz folyamatosan szállítja a tápanyagot a biofilmhez (konvektív anyagáramlás). A tápanyag a biofilmbe diffúzió útján jut (konduktív anyagáramlás) (lásd 1. B ábra).

Az 1 D. ábra millárdszoros nagyításban a vízmolekulákat és a közéjük került szennyezést mutatja. A víz azáltal tisztul, ha ezt a szennyezőmolekulát a vízmolekulák közül ki tudjuk mozgatni.

A szennyező molekula leválasztását az 1 C ábrán követhetjük nyomon. A vízteret



1. ábra Partiszűrés nagytartályokban: mennyiség és minőség szivattyúzással

sematikus a nyílak szimbolizálják. A szennyező molekula átlépése a biofilmbé azért történik, mert a víztérben a szennyezés koncentrációja nagyobb, mint a biofilmben. A koncentráció különbség diffúziós mozgást hoz létre.

Ha a biofilmen belül nem történne lebomlás a koncentráció különbség előbb-utóbb kiegyenlítődne. A biofilmen belül azonban a baktériumok közreműködésével a szennyező molekula elbomlik, miáltal a koncentráció lenullázódik, újratermelve a koncentráció különbséget.

Összefoglalóan a biológiai a víztisztulás teljes folyamatát az 2. ábrán láthatjuk. Megadva az egyes részfolyamatok hajtóerejét és a fenntartás módját.

Ezt a rendkívül bonyolult fizikai és biokémia folyamatot modellel írhatjuk le. (Tolnai 2013, 2017). A modellt matematikailag egy képlet reprezentálja, amely a tápanyaglebontás

mértékét adja meg. A dimenzióanalízis segítségével (Szirtes, 2007), heurisztikus úton levezetett összefüggésben szereplő változók dimenziótlan változók.

$$\Delta S : S \frac{1}{Pe} Ne^{1/3} \quad (1)$$

ahol:

ΔS szubsztráttartalom fogyása
 S szubsztráttartalom

$$Pe = \frac{w d_e}{D_s}$$

Pe Peclét szám
 w konvektív sebesség
 d_e biofilmhordozó közeg egyenértékű szemcseátmérője
 D_s szubsztrát diffúziós tényező

$$Ne = rH_2 - 2 pH \quad \text{Nernst tényező}$$

Az elmélet szerint a biofilmen kívüli anyagadási és a biofilmen belüli molekula lebontási folyamat egységet képeznek ugyan,



2. ábra A biológiai szűrés részfolyamatai

de a részfolyamatok elválasztása, egymástól független értelmezése célszerű és a jelenség könnyebb megértéséhez vezet. Az anyagátadás hasonlósági kritériuma a Pe-szám (Peclet), míg a biofilmen belüli lebontási jelenség hasonlósága a Ne-tényező (Nernst) segítségével írható le.

Magyarozatot igényel a d_e , egyenértékű szemcseátmérő fogalma. A d_e egyenértékű szemcseátmérő annak a csak külső felszínnel bíró, gömb alakú szemcsének az átmérője, amely szemcsével megtöltve a V reaktorteret ugyanakkora felülettel rendelkezik, mint ugyanezt a teret kitöltő biofilmhordozó anyagok F felülete. A d_e kiszámítására alkalmas képlet könnyen belátható.

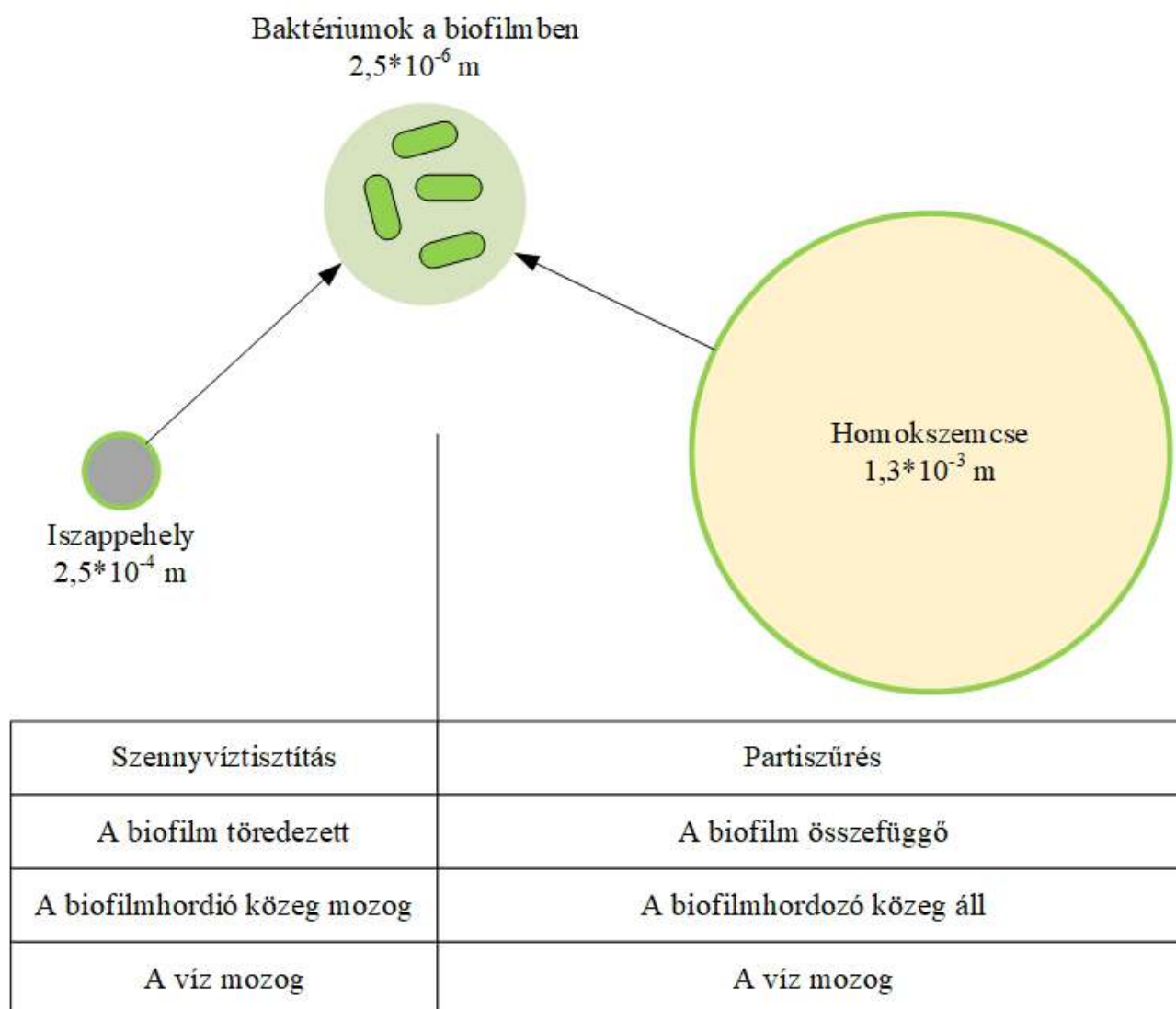
$$d_e = 6 \frac{V}{F} \quad (2)$$

A d_e egyenértékű szemcseátmérő a nagy fajlagos felületű anyagok esetében nem egy valós szemcseméret, hanem egy elméleti érték, amely a felület nagyságát lineáris skálán méri.

Minél kisebb d_e számértéke, annál nagyobb a baktériumok letelepedéséhez rendelkezésre álló felület. A d_e egyenértékű szemcseátmérő közös nevezője a legkülönféle biofilmhordozó felületeknek.

A w konvektív sebesség meghatározása partiszűrés esetében egyszerű, mert a biofilmhordozó közeg, a homok áll, hozzá képest a víz mozog. A szivárgó víz sebessége könnyen számítható, mérhető. Értéke nagyon alacsony, 0,1 [m/d]. Ha a partiszűrés működésmódját a szennyvíztisztítás irányába általánosítjuk, úgy a változók többségének értelmezése azonos, egyedül a konvektív sebesség mérése, konkrét számítása okoz nehézséget.

A probléma onnan fakad, hogy az eleveniszapos technológiánál mind a biofilmet hordozó iszappelyhek, mind a lebontandó szubsztrátot szállító víz is mozog (lásd 3. ábra). A relatív sebesség - amely a w konvektív sebességgel azonos - folyton változik. A szemmel is



3. ábra Eltérések, egyezőségek

megfigyelhető mozgás sebessége nagyságrendekkel nagyobb, mint a partiszűrés rendkívül alacsony szűresi sebessége.

Szót kell ejteni még a D_s diffúzió tényezőről. A szennyvíz számos szennyező molekulát tartalmaz. A víz tisztulásához ezeket a molekulákat kell elbontani, amelyeknek a diffúziós tényezője különböző ugyan, de a hőmérsékleti koefficiens nagysága minden molekula esetén ugyanaz. A molekulák diffúziós tényezőjét $25\text{ }^\circ\text{C}$ -on szokás megadni. Más hőmérsékletekre történő átszámítás

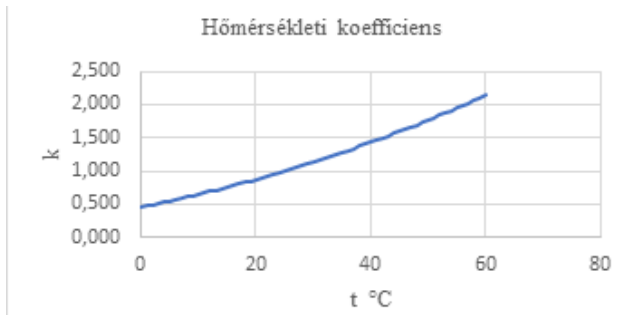
a $k(t)$ hőmérsékleti koefficiens segítségével történik.

$$D_s = k(t) D_s|_{t=25\text{ }^\circ\text{C}} \quad (3)$$

A méréssel meghatározott hőmérsékleti koefficiens függvényt a 4. ábra mutatja.

forrás: www.erc.montana.edu/biofilmbook

Összefoglalóan érdemes még hangsúlyozni: a partiszűrés és a szennyvíztisztítás között molekuláris értelemben nincs különbség.



4. ábra A diffúziós tényezők hőmérséklet-függése

A biofilmekben dolgozó baktériumok nem tudják, hogy ők most ivóvíztisztításban vagy szennyvíztisztításban vesznek részt. Egyetlen dologban érdekeltek, hogy életterükbe, a biofilmbe bejutó tápanyagot lebontsák. A lényeges különbség a biofilmhordozó közeg (homokszemcse, iszapkehely) és tápanyagot szállító víz egymáshoz képesti mozgásviszonyában van.

Hasonlóképpen fontos megállapítani: a víz szennyezése az bakteriális nézőpontból tápanyag.

A partiszűrőnél a folyóvíz, illetve a szennyvíztisztításnál a szennyvíz terheltsége (szennyezettsége) természetesen nem azonos. Sőt köztük nagyságrendi a különbség. Ez a kérdés azonban nem a mit, hanem a mennyit kell lebontani méretezési problémák közé tartozik.

2. CÉLKITŰZÉSEK

„Newton törvényei, Maxwell egyenletei axiómák. Nem azért igazak, mert közvetlenül beláthatók, hanem azért, mert a belőlük levont következtetések megegyeznek a valósággal.” – mondta Simonyi Károly. Hasonlóképpen a fenti elméleti megfontolások attól lesznek gyakorlatszámára hasznosak, ha igazolhatók. A következőkben az (1) képlet felhasználásával általánosabb magyarázatot adok a biológiai víztisztítás, így a szennyvíztisztítás egyes

fogalmainak. A tápanyaglebontás hatékonyságának számszerűsítése teremti meg ehhez a lehetőséget. Az esetek többségénél azonban nem közvetlenül a hatékonyság mértéke számolható ki, hanem csak a beavatkozások előtti és utáni állapotok különbsége, vagyis a változás mértéke adható meg.

3. A BIOFILM TÁpanyagELLÁTÁSÁNAK NÖVELÉSE A SZENNYVÍZTISZTÍTÁSBAN

3.1 Az eleveniszapos medence

3.1.1 A recirkuláció szerepe

A szennyvíztisztítási technológiáknál az iszap-recirkuláció szükségességéről hagyományosan a következő gondolatsor mentén érvelnek:

A szennyvíztisztítás első technológiai lépcsője a mechanikai előtisztítás, amely a fizikai művelet. A durva szennyezés – a rácsszemét – leválasztása után az előüleptető medencében az iszap jelentős részének leválasztása is megtörténik. A következő, második lépcsőben már biológiai folyamatok zajlanak. Itt az oldott állapotban lévő szennyező molekulák elbontása révén tovább tisztul a víz. Az úgynevezett eleveniszapos medencéből a víz és iszap keveréke az utóüleptetőbe kerül, ahol fázisok (víz és iszap) szétválasztása zajlik. A megtisztult víz az élő vízfolyásba kerül. A kiülepedett iszap egy részét – az állandó sejtkoncentráció megtartása érdekében – visszavezetjük a biológiai reaktortérbe. Az iszap fennmaradó része – a fölő iszap – az előüleptetőben leválasztott nyersiszappal kevert iszapként további stabilizálási folyamatokon esik át. (Jurecska, 2015)

Egy másik gondolatmenetet szerint:

A telepre beérkező szennyvíz szárazanyagartalma nagyon alacsony. A cca. 1 g/kg szilárd fázisú iszapflokulátumon az exponenciális gyorsasággal szaporodni akaró baktériumtömeg nem tud letelepedni. Tetemes mennyiségű felület hiányzik ehhez. Új szennyvíztelep beindításakor a szennyvíz „beoltásához” egy másik telepről eleveniszapot hozunk, egyszeri módon így kiegészítve a hiányzó felületet. A működés során is folyamatosan szükség van a hiányzó felület pótlására. Az iszaprecirkuláció alapvetően ezt szolgálja. A baktériumok megtapadásához szükséges felületnagyság így biztosítható.

A hagyományos érvelésnél használt sejtkoncentráció nehezen számszerűsíthető fogalom. A gyakorlatban egyértelmű mérőszámot nem fűzhetünk hozzá. Ezzel szemben a felületnagyság, a hőmérséklet könnyen mérhető.

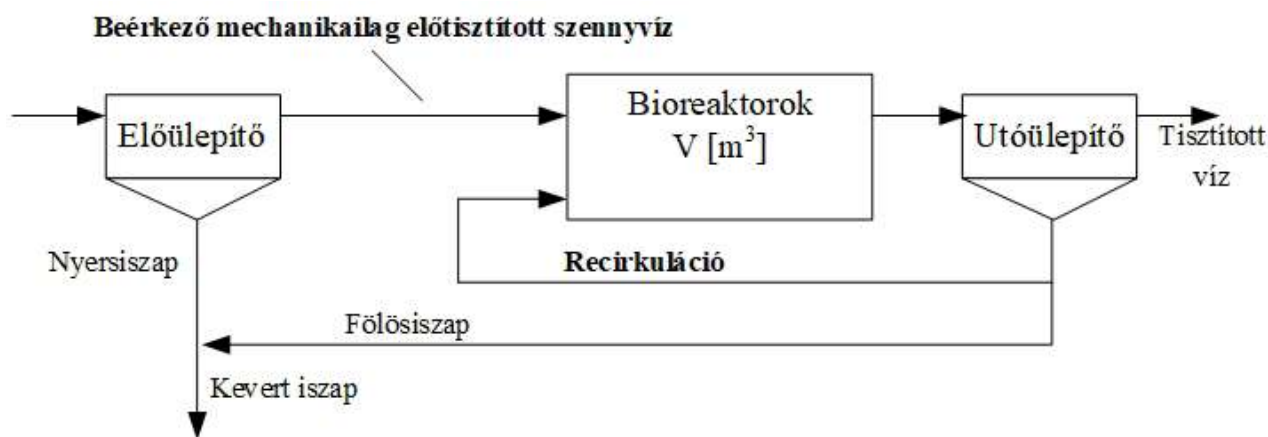
Az (1) összefüggés alapján a vízben lévő szennyezés eltávolítása, azaz a szubsztrát molekulák lebontása a Pe-számtól fordított arányban függ.

Az eleveniszapos medence esetében - elsősorban a konvektív sebesség erősen változó jellege miatt - a Pe-szám egzakt kiszámítása, de még becslése is nehézkes. A Pe-szám változásának mértéke azonban jól követhető. Ehhez induljunk ki a 5. ábrán vázolt egyszerűsített sémából.

A számításokhoz használjuk egy valódi szennyvíztelep adatait (1. táblázat)

Az anyagmérlegben résztvevő iszapminőségek jellemzőit a 2. táblázat mutatja.

Ha a reaktorteret csak beérkező szennyvízzel töltenénk meg ($r=1$), úgy az egyenértékű



5. ábra Az eleveniszapos szennyvíztisztítás vázlata

Beérkező szennyvíz	Recikláció mértéke		Hidraulikai tartózkodási idő	Bioreaktor térfogat	Térfogatarányok a reaktorban	
	[m ³ /h]	[m ³ /d]			[-]	[-]
Q	q		$HRT = V / (Q + q)$	V	$(HRT * Q) / V$	$(HRT * q) / V$
20000	100	2400	0,79	17600	0,90	0,10
10000	85	2040	1,46	17600	0,83	0,17
				átlag	0,865	0,135

1. táblázat Az anyaghányadok

	Jel	Dimenzió	Beérkező szv. (nyersiszap)	Recirkulációs iszap
fajlagos felület	a	[m ² /g]	7,5	9,3
szárazanyag tart.	sz_a	[g/kg]	1	8,6
iszapsűrűség	ρ	[kg/m ³]	1000	1000
Térfogathányad	r	[-]	0,865	0,135

2. táblázat Iszapjellemzők

szemcseátmérő a 2. táblázat adatainak felhasználásával

$$d_e = 6 \frac{V}{F} = 6 \frac{V}{a * sz_a * \rho * r * V} = 6 \frac{V}{7,5 * 1 * 1000 * 1 * V} = \frac{6}{7500} = 8 * 10^{-4} \text{ m} \quad (4)$$

ahol

V a reaktor térfogata, F a benne rendelkezésre álló biofilmhordozó felület nagysága.

Az a fajlagos felületet a következőképpen mérjük:

Az iszapmintákat szárítószekrényben tömegállandóságig szárítjuk. A kapott szárazanyagból m₁ mennyiséget szén-tetrakloridra nézve telített gőztérbe helyezünk, és figyeljük a tömeg növekedését. Az egyensúly beállta után a mért tömeg m₂ lesz. Az (m₂-m₁) tömegnövekedésből a következő képlet felhasználásával számolható a fajlagos felület nagysága: $a \text{ (m}^2/\text{g)} = 107,64 \times \text{adszorbeált gőzmennyiség (m}^2\text{-m}_1\text{/m}_1) / 153,82$

ahol

a szén-tetraklorid moláris tömege 153,82

Recirkuláció esetén a reaktortérben elkeverten kétfajta iszapminőség van jelen. Az egyenértékű szemcseátmérőt a (3) képlet logikája alapján ekkor a következőképpen számolhatjuk:

$$d_{e,recirk} = 6 \frac{V}{F} = 6 \frac{V}{7,5 * 1 * 1000 * 0,865 * V + 9,3 * 8,6 * 1000 * 0,135 * V} = \frac{6}{6488 + 10797} = \frac{6}{17285} = 3,47 * 10^{-4} \text{ m} \quad (5)$$

A számokból jól látható a recirkuláció erőteljes felületnövelő hatása, amelyet a d_e és $d_{e,recirk}$ egyenértékű szemcseátmérők különbsége alapján érzékelünk.

Hogy az iszaprecirkuláció milyen módon befolyásolja a tápanyaglebontás hatékonyságát, ahhoz Pe -számok reciprokának arányát kell meghatározni.

$$\frac{\Delta S_{recirk}}{\Delta S} \square \frac{1}{\frac{Pe_{recirk}}{Pe}} = \frac{Pe}{Pe_{recirk}} = \frac{\frac{d_e w}{D_s}}{\frac{d_{e,recirk} w}{D_s}} = \frac{d_e}{d_{e,recirk}} = \frac{8 * 10^{-4}}{3,47 * 10^{-4}} = 2,3 \quad (6)$$

ahol

a w konvektív sebesség nagysága és a D_s szubsztrát diffúziós tényező értéke nem ismert. Ezek a jellemzők a recirkuláció nélküli, illetve a recirkulációs esetekben azonban egyformák. Velük az arány képzésénél egyszerűsíteni lehet. Így a tápanyag lebontás aránya az egyenértékű szemcseátmérők arányával lesz azonos.

Mint az látható, a recirkuláció a tápanyaglebontás hatékonyságát erőteljesen javítja. Számpéldánkban a kereken 2,3-szoros mérték elsősorban az iszap besűrűsödése, a szárazanyagtartalom növekedése révén érhető el.

Könnyen belátható, hogy a recirkuláció mértékének további növelése egy idő után már nem lesz hatásos, mert a beérkező hányad a korlátos reaktortérfogat miatt egyre csökken.

3.1.2 Hatékonyságrömlés télen

A nyári és a téli üzem között a hőmérséklet megváltozása jelenti a leglényegesebb különbséget. Nyáron mezofil, télen pszichofil hőmérsékleti tartomány a jellemző. A diffúziós tényező nagysága télen alacsonyabb, ahogy azt a diffúziós tényezők hőmérséklet függése mutatja. Legyen a nyári szennyvíz hőmérséklet 22°C , a téli 10°C .

$$D_{S,nyáron} = k(t)_{t=22^{\circ}\text{C}} D_S|_{t=25^{\circ}\text{C}} \quad (7)$$

$$D_{S,télen} = k(t)_{t=10^{\circ}\text{C}} D_S|_{t=25^{\circ}\text{C}} \quad (8)$$

A nyári és a téli tápanyag lebontás aránya a korábbiaknak megfelelő módon számolható. Az arány meghatározásához a konkrét értékeket az 4. ábrából nyerjük.

$$\frac{\Delta S_{nyáron}}{\Delta S_{télen}} \square \frac{1}{Pe_{nyáron}} = \frac{Pe_{télen}}{Pe_{nyáron}} = \frac{D_{S,télen}}{D_{S,nyáron}} = \frac{D_{S,nyáron}}{D_{S,télen}} = \frac{k(t)_{t=22^{\circ}\text{C}}}{k(t)_{t=10^{\circ}\text{C}}} = \frac{0,923}{0,647} = 1,43 \quad (9)$$

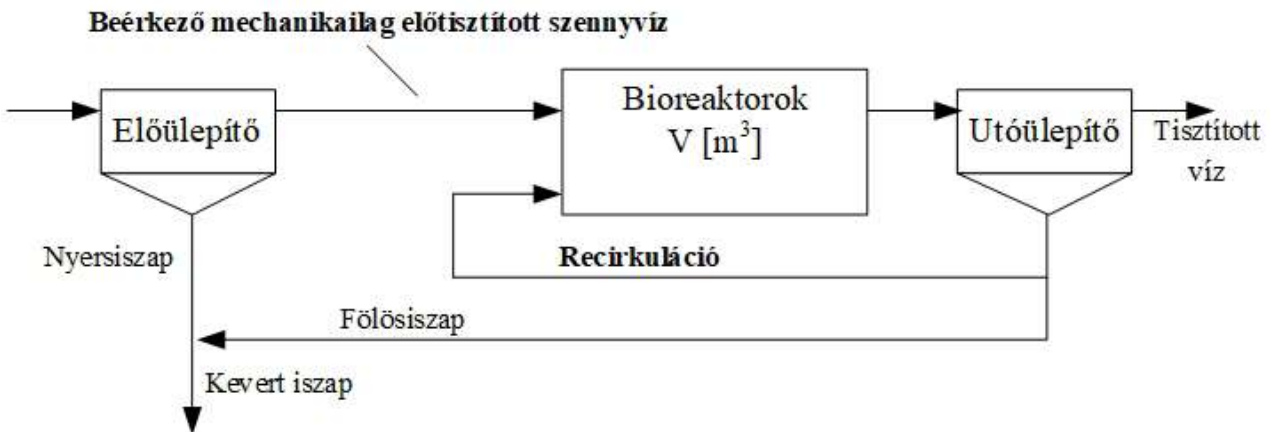
A (9) képlet alapján nyáron a tápanyag lebontó képesség 1,43-szoros mértékben lesz nagyobb, mint télen. A hőmérséklet

csökkenésből elszenvedett tisztítóhatás csökkenést az iszapkor növelése révén próbáljuk meg kompenzálni. Az iszapkor megemelése a recirkulációs hányad növelésével jár, ami az átfolyó kapacitás beszűkülését jelenti. A biológiai tisztítóképeség ugyan csökken, de nem lehetetlenül el. Az iszapkor növelése a hagyományos alkalmazott beavatkozás, amely a szennyvíztelep szinte teljes leállítását okozza. Fogalmazhatunk úgy is, hogy a hőmérsékletváltozás kompenzálására adott válaszlépés nem a legelőnyösebb.

3.1.3 Hatékonyság növelés a kavitron alkalmazásával

A téli kedvezőtlen viszonyok ellensúlyozására kínálkozik egy másik lehetőség is. A telepre beérkező, mechanikailag előtisztított szennyvizet vessük alá kavitronos kezelésnek. A beavatkozás helyét lásd a 6. ábrán).

A kavitron a Weir Minerals által gyártott szivattyú, amelynek járókereke nem szokványos járókerék. A speciális járókereket egymásba nyúló álló és mozgó tuskesor alkotja (lásd 7. ábrán). A gépben, szemben a normál szivattyúkkal a kavitáció kialakulása kívánatos.



6. ábra A beavatkozás helye



7. ábra A kavitron szétszerelt állapotban

A kavitáció roncsoló hatása a szennyvíziszap pelyheit éri, a pelyhek apozódásával előállítva a baktériumok által belakható nagyobb felületet.

A kavitront adalékanyagok (szén, zeolit) és a szennyvíziszap összekeveréséhez is használják (Stadler, 2013) A 8. ábra szerint az adalékanyagok hozzáadása szakaszos üzemben történik. Az eljárás végén kapott mix az adhéziós megkötés révén stabil termék lesz, amelyet még vízteleníteni kell.

A kavitáció roncsoló hatásának mérései a 8. ábrán bemutatott kísérleti berendezésen kerültek elvégzésre. A berendezés tartályába mechanikailag előtisztított szennyvíz került betöltésre. Ez az iszapminőség érkezik az eleveniszapos reaktorterébe is.

A kavitációs zónán történő többszöri áthaladás során az iszap fajlagos felülete növekedett. A mérések eredményét a 3. táblázatban láthatjuk.

A mért értékek segítségével kiszámolható az egyenértékű szemcseátmérő, amely a recirkuláció és a kavitációs kezelés együttes hatására jön létre:

$$d_{e,recirk+kavitron} = 6 \frac{V}{F} =$$

$$= 6 \frac{V}{10 * 1 * 1000 * 0,865 * V + 9,3 * 8,6 * 1000 * 0,135 * V} =$$

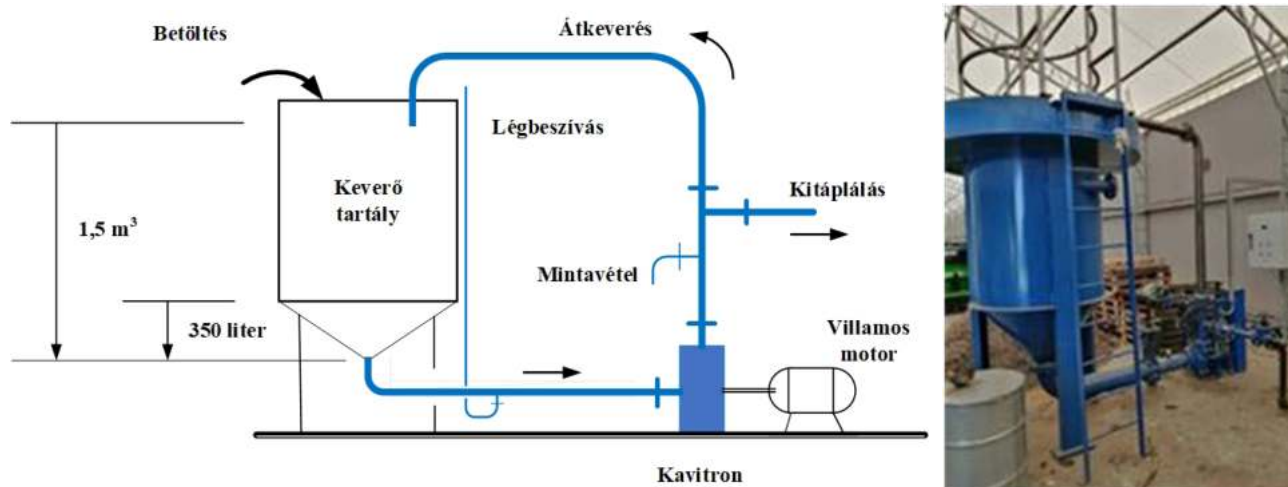
$$= \frac{6}{8650 + 10797} = 3,09 * 10^{-4} \text{ m} \quad (10)$$

A (10) képlet eredménye alapján az egyenértékű szemcseátmérő tovább csökken és vele megadható a kavitronos kezelés hatékonyság növelő mértéke

$$\frac{\Delta S_{recirk+kavitron}}{\Delta S_{recirk}} = \frac{d_{e,recirk}}{d_{e,recirk+kavitron}} = \frac{3,47 * 10^{-4}}{3,09 * 10^{-4}} = 1,12 \quad (11)$$

A kavitronos kezelés tehát hatékonyság javulást hoz, amely részben ellensúlyozni képes a téli üzem negatív hatását. Ehhez a (6) és (11) képletek eredményét kell csak összevetni. A recirkuláció fokozása a kihasználható reaktortér térfogatát csökkenti, hisz a visszaforgatás teret vesz el a folyvást újonnan érkező szennyvíztől. A kavitációs kezelés ezzel szemben nincs hatással a kihasználható térfogatra, mert a felületnövekedést az iszapon éri el. Hátrányként jelentkezik viszont, hogy a kavitron hajtásához villamos energiára van szükség, amely az üzemeltetési költségeket növeli.

A 4. ábrán a kavitron szívóvezetékéhez csatlakozik egy légbeszívó állócső is. A vezeték elzáró csap megnyitásával az injektorhatás elvén levegő beszívása történik meg. Így az oldott oxigén szintje a szokványos 4,53 mg/literről 8,13 mg/literre volt növelhető. A kavitronos kezelés tehát nemcsak a felületet, hanem az oxigénszintet is növelni képes. A fúvók teljesítményigénye válik ezáltal csökkenthetővé. Ez a kavitron alkalmazásának másik fontos eredménye.



8. ábra A kísérleti berendezés rajza és fotója

Izsapminőség	Fajlagos felület kezelés előtt	Fajlagos felület kezelés után	Mértékegység
Mechanikailag előtisztított szennyvíz	7,5	10	[m ² /g]

3. táblázat A nyersiszap fajlagos felületének a változása a kezelés hatására

3.1.4 Hatékonyság növelése az élőgépes technológia alkalmazásával

A felület növelésének vannak más eszközei is. Élőgépeknek hívják azt a szennyvíztisztítási eljárást, amikor az eleveniszapos medencébe növények gyökereit lógatják (Organica).

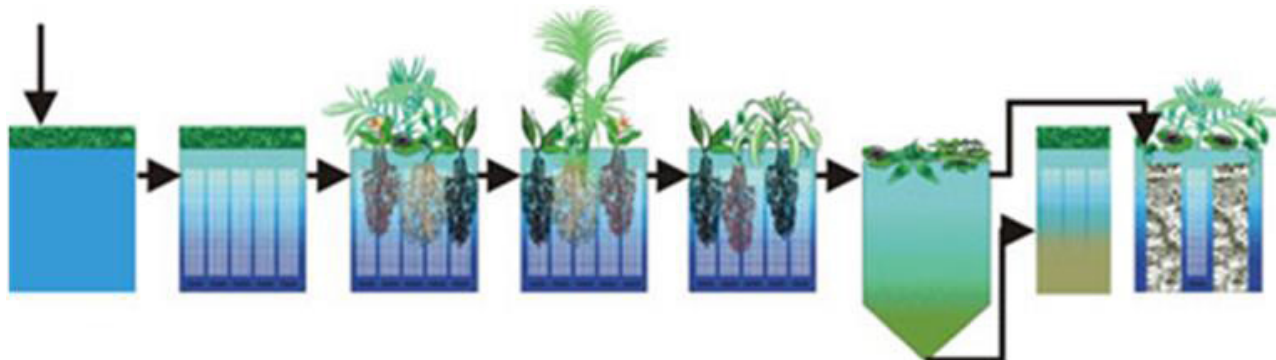
Forrás: Organica

Hatásmechanizmusában ez nem egy önálló eljárás, csupán a baktériumok letelepedéséhez

rendelkezésre álló felületet növeljük meg a gyökérzet révén.

A gyökérzet fajlagos felülete, a [m²/g] megmérhető. A felület kiszámításához szükség van még a reaktortérben jelenlevő gyökérzet fajlagos tömegére, m [kg/m³] és térfogathányadára, r [-]. Ez utóbbi értékeket inkább megbecsülni tudjuk.

A (5) képlettel meghatároztuk egy recirkulációval működő eleveniszapos eljárás de, recirk, egyenértékű szemcseátmérőjét.



9. ábra Az élőgépes elrendezés

A változás ehhez képest a gyökérzet megjelenése, azaz a reaktortérben a nyersiszap, a recirkulációs iszap mellett megjelenik egy harmadik felülettel rendelkező elem, a gyökérzet is. A (2) képlet nevezője ennek megfelelően kiegészül egy további taggal, a gyökérzet felületével. A módosított képlet így a de recirk+élőgépet egyenértékű szemcseátmérőt adja meg.

A gyökérzet által képviselt felület a következő képlettel számolható:

$$F_{\text{gyökérzet}} = a_{\text{gyökérzet}} * 1000 * m_{\text{gyökérzet}} * r_{\text{gyökérzet}} * V \quad (12)$$

Az r térfogati arány értelemszerűen a három összetevőre nézve összegzetten 1-es értéket ad.

Az élőgép tápanyaglebontási hatékonyságának javulása a (12) képlettel kiegészítve számolható, csak most értelemszerűen a de, recirk / de recirk+élőgép arányt kell meghatározni.

3.1.5. A mozgóágyas biofilm reaktor

A mozgóágyas biofilm reaktor (MBBR, Moving Bed BioReactor) sem egy merőben új eljárás (Oláh, 2021). Az eleveniszapos reaktortérbe műanyag biofilm hordozó elemek ömlesztve kerülnek betöltésre (lásd 10. ábra) Mozgatásuk a levegő hozzávezetésével történik. Szerepük a gyökérzet szerepével azonos. Forrás: <http://www.wassercare.com/aquaculture.htm>

A reaktortérben keletkező többlet felületet az élőgépes eljáráshoz hasonlóan számíthatjuk ki.

A műanyag elemek fajlagos felületét, a_V [m²/m³] a gyártó adja meg. A felület



10. ábra Az MBBR felületnövelő műanyag elemei

kiszámításához a reaktortérbe helyezett műanyag elemek a reaktortérfogatra vetített fajlagos térfogatának, V_{MBBR} [m³/m³] ismerete szükséges. A térfogathányadot, r [-] pedig megbecsüljük.

Most is meghatározzuk a (5) képlettel a recirkulációval működő eleveniszapos eljárás de, recirk, egyenértékű szemcseátmérőjét. Az előbbieknél megfelelően ez lesz a viszonyítási alap.

A változás ez esetben a műanyag elemek bekeveréséből fakad, azaz a reaktortérben a nyersiszap, a recirkulációs iszap mellett megjelenik egy harmadik, felülettel rendelkező elem az MBBR műanyag is. A (5) képlet nevezője ennek megfelelően kiegészül ezen elemek felületével. A módosított képlet így a de recirk+MBBR egyenértékű szemcseátmérőt adja meg.

A műanyag elemek által képviselt felület a következő képlettel számolható:

$$F_{MBBR} = a_{V,MBBR} * V_{MBBR} * r_{MBBR} * V \quad (13)$$

Az r térfogati arány értelemszerűen a három összetevőre együtt kell vonatkozzon, összegük most is 1 értékű.

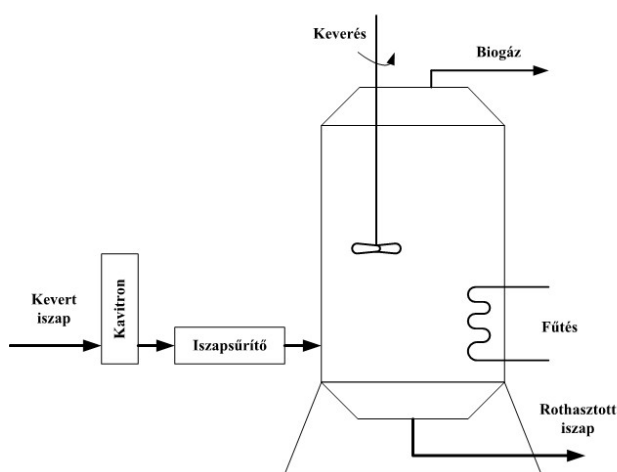
Az MBBR tápanyaglebontási hatékonyság javulásának kiszámításához most is a (6)

képletet használhatjuk, csak most a de, recirk / de recirk+MBBR arány lesz a meghatározó.

Az elmélet általánosságának hangsúlyozása érdekében az élőgép (Live Machine) és a Moving Bed Bio Reactor példáinál konkrét számadatokat hiányában csak a képleteket lehet leírni.

3.2 A biogáztermelés fokozása

Napi gyakorlat, hogy a biogáztermelés növelése érdekében a rothasztó toronyba kerülő iszapot sűrítjük, illetve magát a rothasztó tornyot fűtjük. Az előző pontban alkalmazott megfontolások segítségével a műveletek hatékonyságjavulását számszerűsíteni is tudjuk.



11. ábra A rothasztó torony hatékonyságának növelése

		Kevert iszap	Sűrített iszap	Megjegyzés
fajlagos felület	[m ² /g]	<i>a</i>	<i>a</i>	az iszapsűrítés hatására nem változik
száranyag tart.	[g/kg]	30	54	
sűrűség	[kg/m ³]	1300	1400	

4. táblázat Iszapjellemzők rothasztás előtt

3.2.1. Az iszapsűrítés hatása

Induljunk ki az iszapminőségek adataiból.

Az egyenértékű szemcseátmérő a táblázat adatainak és jelöléseinek felhasználásával a sűrítés előtti állapot

$$d_{\text{sűrítés előtti}} = 6 \frac{V}{F} = 6 \frac{V}{a * 30 * 1300 * V} = \frac{6}{a * 30 * 1300} \quad (14)$$

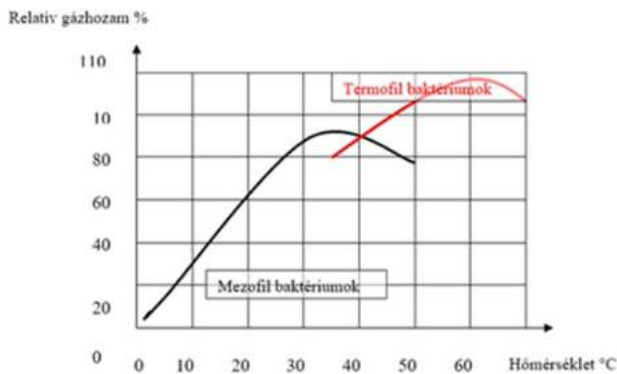
Az egyenértékű szemcseátmérő a táblázat adataival és jelölésével a sűrítés után

$$d_{\text{sűrítés után}} = 6 \frac{V}{F} = 6 \frac{V}{a * 54 * 1400 * V} = \frac{6}{a * 54 * 1400} \quad (15)$$

A sűrítésnek a tápanyaglebontásra gyakorolt hatása:

$$\frac{\Delta S_{\text{sűrítés után}}}{\Delta S_{\text{sűrítés előtt}}} = \frac{1}{\frac{1}{Pe_{\text{sűrítés után}}}} = \frac{Pe_{\text{sűrítés előtt}}}{Pe_{\text{sűrítés után}}} = \frac{\frac{d_{\text{sűrítés előtti}}}{D_s} w}{\frac{d_{\text{sűrítés utáni}}}{D_s} w} = \frac{d_{\text{sűrítés előtti}}}{d_{\text{sűrítés utáni}}} = \frac{54 * 1400}{30 * 1300} = 1,94 \quad (16)$$

A *w*, konvektív sebesség, a *D_s*, szubsztát diffúziós tényező és az *a*, fajlagos felület ugyan nem ismert mennyiségek, de a sűrítés hatására nem is változnak, ezért az arányképzésénél egyszerűsíthetünk velük. A számszerűsítés után levonható a következtetés: a sűrítés kerekén kétszeres hatékonyságnövelést eredményez a rothasztó toronyban.



12. ábra A gázhozam hőmérsékletfüggése

3.2.2 A rothasztótorony fűtése

Hasonlóképpen mutatható ki a hőmérséklet növelésnek – rothasztó torony fűtésének a hatása is. A szakirodalomban nagyon sokszor lehet találkozni a következő ábrával.

A 12. ábra azt sugallja, miszerint a mezofil baktériumok kevésbé hatékonyan „dolgoznak”, mint termofil társaik. Ez azonban valószínűleg nincs így, a kép félrevezető. Csak annyi mondható, hogy a mezofil hőmérsékleti tartományban (30-40 °C) a mezofilnek nevezett baktériumok, illetve a termofil hőmérsékleti sávban (50-70 °C) a termofilek alkotják többségében a mikroba közösséget.

Hőmérsékletfüggése azonban a biofilmben igyekvő szubsztrát molekulák diffúziós tényezőjének van. A Stokes-Einstein összefüggés értelmében minden molekula diffúziós tényezője azonos módon függ

a hőmérséklettől. Az 4. ábrának megfelelően a méréssel meghatározott hőmérsékleti koefficiensekkel a diffúziós tényezők rendre az alábbiak lesznek

$$D_{S,mezofil} = k(t)_{t=35^{\circ}C} D_S|_{t=25^{\circ}C} \quad (17)$$

$$D_{S,termofil} = k(t)_{t=60^{\circ}C} D_S|_{t=25^{\circ}C} \quad (18)$$

Helyettesítve az értékeket

$$\frac{\Delta S_{termofil}}{\Delta S_{mezofil}} \square \frac{1}{Pe_{mezofil}} = \frac{Pe_{mezofil}}{Pe_{termofil}} = \frac{D_{S,mezofil}}{D_{S,termofil}} = \frac{D_{S,termofil}}{D_{S,mezofil}} = \frac{k(t)_{t=60^{\circ}C}}{k(t)_{t=35^{\circ}C}} = \frac{2,133}{1,279} = 1,67 \quad (19)$$

Megállapítható, hogy a hőmérséklet növelés hasonló mértékben javítja a gázkihozataalt, mint a sűrítés.

3.2.3 Iszapelőkészítés a kavitron segítségével

A rothasztó toronyba kerülő iszap előkészítése nem csak sűrítésből állhat, kavitronos kezelésnek is alávethető. A kavitációs zónán történő átvezetés a dezintegrációs eljárások közé tartozik és az iszap-pelyhek aprítását idézi elő, miáltal a mikrobák által belakható felület növekszik. A hatás a fajlagos felület mérésével számszerűsíthető. A méréseket a 8. ábrán vázolt kísérleti berendezésen végeztük. A keverőtartályba most a rothasztó torony bemeneti iszapminőségét adó kevert iszap került. A mérések eredményét a 5 táblázatban foglaltam össze. A kavitációs zónán történő átvezetés a szárazanyag tartalomra és a sűrűségekre nincs

		Kevért iszap kavitronos kezelés előtt	Kevért iszap kavitronos kezelés után	Megjegyzés
fajlagos felület	[m ² /g]	32	37	
szárazanyag tart.	[g/kg]	sza	sza	nem változik
sűrűség	[kg/m ³]	ρ	ρ	nem változik

5. táblázat Kevért iszap jellemzői a kavitronos kezelés előtt és után

érdemi hatással, csak a fajlagos felület változik. A változatlanságot a 5. táblázatban az azonos betűjelek mutatják.

Helyettesítve a táblázat ismert (mért) és ismeretlen adatait, az egyenértékű szemcseátmé-
rők az alábbiak szerint alakulnak:

$$d_{e, \text{kavitronozás el}} = 6 \frac{V}{F} = 6 \frac{V}{32 * s_{za} * \rho * V} = \frac{6}{32 * s_{za} * \rho} \quad (20)$$

$$d_{e, \text{kavitronozás után}} = 6 \frac{V}{F} = 6 \frac{V}{37 * s_{za} * \rho * V} = \frac{6}{37 * s_{za} * \rho} \quad (21)$$

Hasonlóképpen az előzőekhez, vegyük a lebontás arányát, amikor is több tényezővel egyszerűsíthetünk:

$$\frac{\Delta S_{\text{kavitronozás után}}}{\Delta S_{\text{kavitronozás előtt}}} = \frac{1}{\frac{Pe_{\text{kavitronozás után}}}{Pe_{\text{kavitronozás előtt}}}} = \frac{Pe_{\text{kavitronozás előtt}}}{Pe_{\text{kavitronozás után}}} = \frac{d_{e, \text{kavitronozás előtt}} w}{d_{e, \text{kavitronozás után}} w} = \frac{d_{e, \text{kavitronozás előtt}}}{d_{e, \text{kavitronozás után}}} = \frac{37}{32} = 1,16 \quad (22)$$

A hatékonyságjavulást végül a kavitációs be-
hatás utáni és előtti egyenértékű szemcseát-
mérők aránya adja.

A dezintegrációs iszapelőkészítés továb-
bi 1,16-szoros javulást hoz. Az iszapsűrítés,
a rothasztó torony fűtése és a dezintegrációs
iszapelőkészítés hatása együttesen a javulás
mértéke, amely $1,81 * 1,67 * 1,16 = 3,76$ -szoros
lesz a kezelés nélküli állapothoz képest.

Miután a rothasztó tornyok szigorúan anoxi-
kus viszonyok mellett működnek, ezért

a dezintegráció során a levegő hozzávezeté-
se a kavitronnál kerülendő.

A 6. és 11. folyamatábrák csak a kavitron be-
építési helyét jelölik. A folytonos vagy szaka-
szos üzemű (batch) beépítési változatok nem
kerültek kipróbálásra. A kavitációs roncsolás
mértéke csak a kísérleti berendezésen (lásd
8. ábrán) került meghatározásra. Az itt mért
értékek alapján a várható hatékonyság növe-
kedés nagyságának kiszámítása történt csak
meg. Hogy valójában mennyi a biogáz több-
let, azt még valós körülmények között ki kell
mérni.

4. A BIOFILMEN BELÜLI VISZONYOK BEFOLYÁSOLÁSA

A biofilmben juttatott tápanyag végül a biofil-
men belül bomlik le. A biokémiai folyamat
feltételeinek javíthatóságáról egyelőre még
kevés az ismeret.

Vincent feltérképezte a patogén baktériumok
életfeltételeit (Ország). A pH-rH₂ síkon egy
tartomány rendelhető egy-egy mikroba faj-
tához, amelyen belül ők jól érzik magukat.
A patogén mikrobák elleni küzdelem abban
áll, hogy kedvező környezetükből kiszakítva
életfeltételeik megszűnnek. Fordítva, a tá-
panyag lebontásban résztvevő baktériumok
esetében a feltételek javítása abban nyilvánul-
hat meg, hogy számukra kívánatos klimatikus
viszonyokat teremtünk.

A mikrobák életviszonyainak ilyen módon
történő gátlásáról és fokozásáról egyelőre
meglehetősen gyérek az információk. Az biz-
tosan tudható, hogy a fertőtlenítés a mikrobiá-
lis élet beszűkítésére szolgál. Megfigyelték azt
is, hogy a kavitációs zónán átvezetett víznek

Víz típus [-]	pH [mV]	ORP [°c]	t [-]	rH ₂ számítva
1 Folyóvíz	7,8	128	16,1	27,49
2 Kútvíz	7,8	119	16,6	27,15
3 Ózon adagolás után	7,4	148	15,4	27,41
4 Aktívszén szűrés után	7,5	140	15,8	27,32
5 Klórozás után	7,4	157	16,2	27,69

6. táblázat Az oxidálószer adagolásának hatása

kedvező élettani hatása van az öntözött növények fejlődésében.

Próbáljuk meg a pH-rH₂ síkon ábrázolni ezen ellentétes kimenetelű folyamatokat.

Tekintsünk előbb a fertőtlenítés, a mikrobiális élet gátlásának esetére. A 6. táblázatban víztisztítási fokozatok jellemző adatait látjuk.

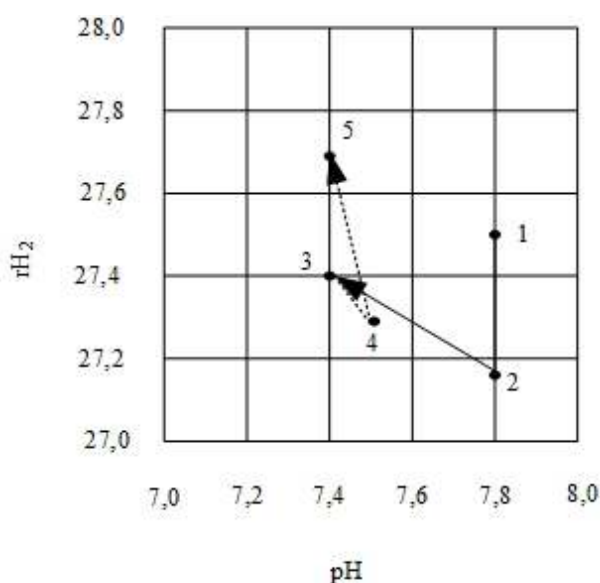
A folyó (Duna) vize természetes partiszűrés után kerül a kutakba. A megengedettnél nagyobb vas és mangántartalmú kútvizet ózon kezelésnek vetik alá. Innen a víz a homokszűrőre kerül. Az aktívszén szűrést követően fertőtlenítő klórozás után jut a hálózatba.

A víztisztítási folyamat pontjain mérve a pH és redoxpotenciál értékeket megmutatható az oxidálószer – az ózon és a klór hatása, amelyet a 13. ábra nagyításban szemléltet. Az oxidálószer adagolása a perempontok felől a belső semleges területek irányába történő elmozdulást okoz.

A kavitronos kezelésnek alávetett víz és szennyvíz a kezelése előtti és utáni elektrokémiai jellemzőit a 7. táblázat foglalja össze.

A táblázat adataiból egyértelműen kitűnik, hogy a kavitációs zónán történő áthaladás a vízben elektrokémiai változásokat hoz létre. A kavitronos kezelés hatása a Vincent-diagramon az előbbiekkal ellentétben belülről kifelé irányú elmozdulást okoz. A 14 ábrán berajzoltuk a 13. ábrán nagyítva ábrázolt oxidálószer adagolásának hatását is.

A mérési eredmények alapján csak a ténymegállapításig juthatunk el, miszerint a kavitációs zónán történő áthaladás növeli a pH-t és növeli az rH₂-t, a Vincent-diagramon az elmozdulás mértéke ugyan a különböző médiumok esetén más és más, de az irány azonos. Az azonban nem közömbös, hogy ez az elmozdulás a Ne = 0 vonal felett vagy alatt történik. Hogy a megváltozott elektrokémiai



13. ábra Az oxidálószer hatása (nagyításban)

Víz típus [%]		Száras anyag	pH		ORP		t		rH ₂ (számítva)	
			[-]		[mV]		[°C]		[-]	
	Kavitronos kezelés		előtt	után	előtt	után	előtt	után	előtt	után
1	Víz	0	7,63	8,11	-142	-124	25,6	25,9	17,4	19
2	Szennyvíz	0,1	7,71	8,72	-447	-300	23,3	28,7	7,3	14,2
3	Kevert iszap	3,1	6,64	7,68	-337	-240	23,3	30,5	8,9	14,1
4	Rothasztott iszap	3,6	7,80	8,52	-333	-249	30,5	36,3	11,3	15,4

7. táblázat A kavitronos kezelés hatása

környezet mit jelent a növények fejlődésében, az további, a szakmán messze túlmutató vizsgálatot igényel. Ez lehet a kavitronos kezelésnek egy további pozitív hozadéka, amely a biofilmen belüli viszonyok jobbítását szolgálja.

Az oxidálószer kiváltotta, az életet gátló hatás pontos magyarázata is várat még magára. Úgy tűnik, a semleges pont (pH=7, rH₂=28) környezetében a biológiai élet korlátozott.

5. KÖVETKEZTETÉSEK

A reaktorterekben zajló biokémiai történések nem figyelhetők meg közvetlenül. Nem tudunk beszélni a baktériumok szakszervezeti bizottságának elnökével, hogy most éppen miért is van sztrájk. Csak közvetett paraméterek mérése révén lehet következtetni a valós történésekre. Ilyen paraméter a KOI és BOI₅, amely csak azt mondja meg, hogy oxigénigény csökkenése és a víz tisztulása között összefüggés van, hogy a biokémiai reakciók nagy valószínűséggel lejátszódnak. Ugyanilyen paraméter a Monod-kinetika kulcsváltozója, a mikrobaszám is. A mikrobaszám növekedéséből, a szaporodás mértékéből arra lehet következtetni, hogy a reaktortérben tápanyalebontás zajlik. A molekulaláb lebontásaként felszabaduló energia egy részét

a baktériumok saját életvitelük fenntartására, szaporodásukra használják. Ugyanilyen közvetett paraméter az ún. hozamelméletben az iszap mennyiségének növekedése is. Erre alapozzuk az eleven iszapos technológia méretezését is.

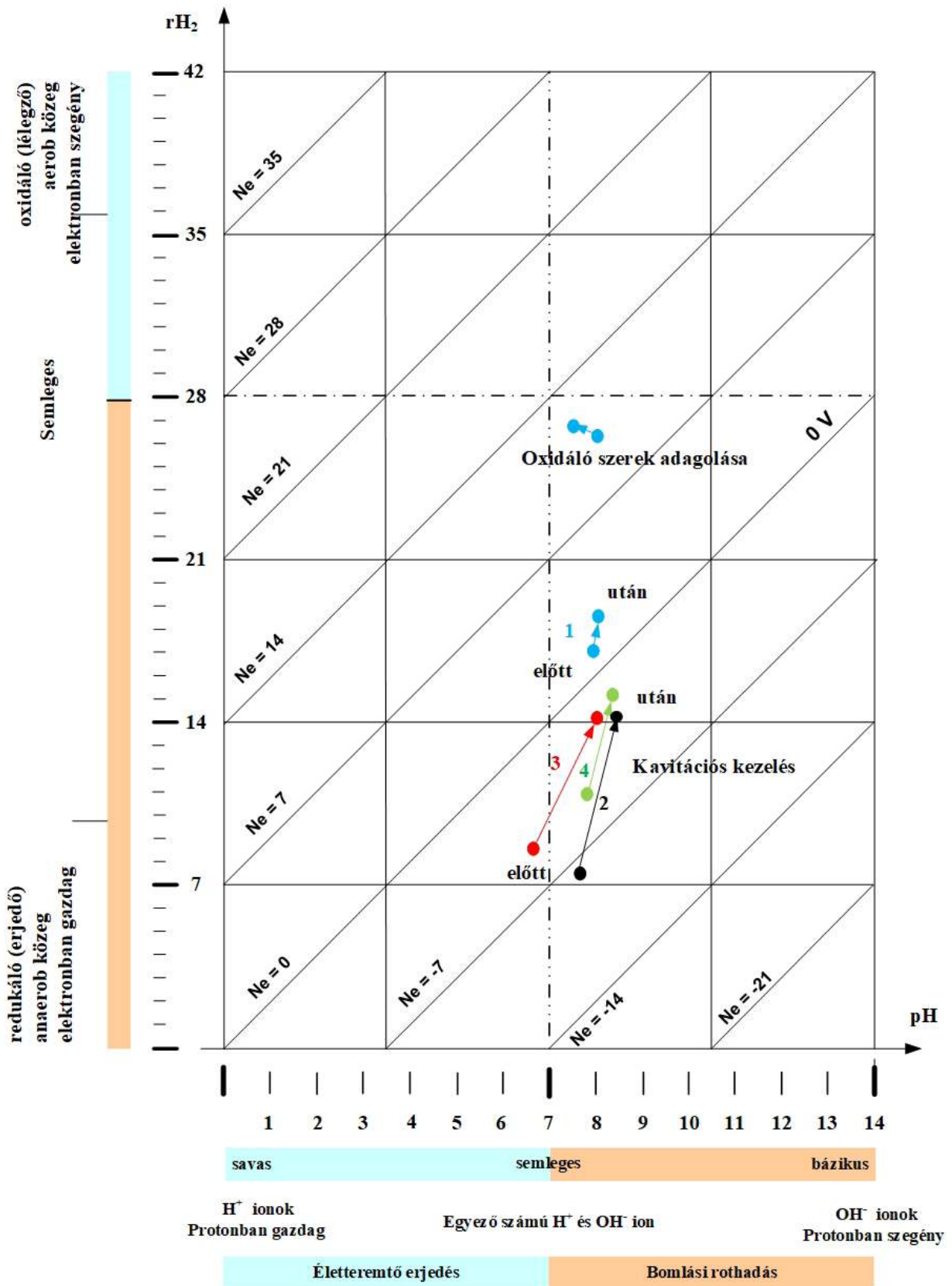
A biológiai szűrés elméletével számos, a víz-tisztításban (szennyvíztisztításban) már ismert jelenségnek más, mégpedig közvetlen magyarázata is adható. Az áramlástan és felületfizikai jellemzők által alkotott Pe-szám a tápanyagellátás logisztikai előfeltétele. Segítségével számos kérdés megválaszolása lehetséges, mint

a recirkuláció az eleveniszapos reaktortérben a felületet növeli, csökkentve ezzel a Pe-számot. A kisebb Pe-szám nagyobb lebontási hatékonyságot jelent.

Télen az iszapkor növelése rossz beavatkozás, mert a telep leállásához vezet. A hőmérséklet csökkenés negatív hatásának ellensúlyozása kavitációs rombolóhatás alkalmazása révén oldható meg.

A rothasztó tornyok fűtése, az iszap sűrítése és kavitron használatával történő dezintegráció ugyanazt a hatást váltja ki, nevezetesen a Pe-szám csökkentését, vele a biogázkihozatal fokozódását.

A fentiek igazolása számpéldákkal történt.



14. ábra Az elmozdulások ábrázolása a Vincent diagramon

A baktériumok életterének klimatikus viszonyai a pH – rH₂ síkon ábrázolhatók.

A mikrobiális élet serkentése és gátlása tipikus irányú elmozdulásokhoz vezet.

A gátlás oxidálószeres adagolásával, a serkentés kavitronos kezeléssel jöhet létre.

A baktériumi élettér hatékony befolyásolása ma nem gyakorlat még. Csupán sejtek vannak, amelyek irányultsága azonban eltér az eddig követett úttól. A Vincent-diagramon. a pH-rH₂ síkon történő mikrobiológiai

folyamatábrázolás és az itt csak megemlítésre került Ne tényező számos lehetőséget nyújt még a tápanyaglebontás pontosabb megértéshez.

6. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kísérleteket a GINOP-2.2.1-15-2017-00068 számú innovációs projekt keretében kerültek végrehajtásra. A fajlagos felület méréseket az ELTE Mikrobiológiai Tanszéke végezte el. A szerző köszönettel tartozik a közreműködésért.

▶ HIVATKOZÁSOK

A SZERZŐRŐL:



Tolnai Béla alapszakmáját tekintve folyamattervező gépészmérnök és folyamatirányítási szakmérnök. A Fővárosi Vízműveknél eltöltött évek alatt azonban szem- és fültanúja lehetett a partiszűrés történéseinek. Üzemeltetési igazgatóként egy ideig felelősséget is viselt a főváros vízellátásában.

A biológiai szűrés elméletének kutatása köti le jelenleg figyelmét (bővebben lásd: <https://www.biomodel.hu> honlapon).

A BIOLFILTEREK ÉS A KOMPOSZT LEBONTÁSI FOLYAMATAINAK (BIODEGRADÁCIÓ) MODELLEZÉSE

Bezsenyi Anikó^{1,2}, Gyarmati Imre¹, Nagy-Mezei^{1,3} Csenge, Golyán András Péter⁴, Kardos Levente³, Makó Magdolna¹

ABSZTRAKT

A szennyvíztisztítás hagyományos szerepe mára kibővült. Mint azt a cikksorozatunk előző részében kiemeltük, az anaerob rothasztókkal rendelkező szennyvíztisztító telepek a hulladékkezelés- és gazdálkodás fontos regionális központjai lehetnek, amely új feladatokat jelent az üzemeltetők számára. A városok terjeszkedése miatt a szennyvíztisztítókat bekebelezi a betonrengeteg. Azok a szennyvíztisztító telepek, amelyek egykor a város szélén épültek, ma már szerves részét képezik a városnak, gyakran alig választja el zöld terület a lakóépületektől. Az átemelőtelepek, leeresztő műtárgyak egyébként is gyakran központi helyeken találhatóak a városokban. Emiatt a szaghatások különösen érzékenyen érintik a lakosságot. A problémák megoldását a biofilterek különböző típusai jelentik. Ezek üzemeltetése, karbantartása és felügyelete ugyancsak a szennyvízkezelés hagyományos feladatainak kiterjesztését jelenti. Olykor az iszapkezelési vonal komposztálással egészül ki, amely újabb feladatokat és kihívásokat jelent az eredetileg szennyvízkezelésre

szakosodott üzemeltetőknek. Mint ahogyan a feladatkörök bővülnek, a cikksorozatunk korábbi részeiben részletesen leírt bonthatósági vizsgálatok köre is növekszik. Az OxiTop rendszerekkel végzett mérések mind a biofilterek, mind a komposzt minőségi ellenőrzésében bevethetők.

BEVEZETÉS

Az OxiTop[®] mérőrendszerek sokoldalúan felhasználhatók a szennyvízkezelés különböző területein a biológiai rendszerek aktivitásának ellenőrzésére. A cikksorozatunk előző részében már alaposan körbejártuk a vízvonalhoz kapcsolódó Biokémiai Oxigénigény vizsgálatot (BOI5) és a – nagy szervesanyag-tartalmú hulladékfogadással kiegészült – iszapvonalhoz fejlesztett anaerob bonthatósági vizsgálatot. Az OxiTop[®] mérőrendszerek határait azonban még nem értük el, hiszen a biomassza (biológiai úton létrejövő szervesanyag tömeg) aktivitása fontos jelentéssel bír a biofilterek működése és a komposztálás területén is.

¹ Fővárosi Csatornázási Művek Zrt., 1087 Budapest, Asztalos Sándor út 4.

² Óbudai Egyetem, Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskola, Budapest

³ Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Környezettudományi Intézet, Agrárkörnyezettani Tanszék 1118 Budapest, Villányi út 29-43.

⁴ Biomérnök BSc, Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar (VBK), Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, 1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3.



1. ábra A talaj-, komposzt- és a biológiailag kezelhető/kezelt szilárd hulladékminták vizsgálatához kifejlesztett OxiTop® mérőrendszerek

A talaj-, komposzt- és a biológiailag kezelhető/kezelt szilárd hulladékminták vizsgálatához kifejlesztett OxiTop® mérőrendszerek az ábrán láthatók.

Az eredetileg talajlégzés vizsgálatok elvégzésére tervezett mérőrendszerek szilárd minták (talaj, komposzt, biológiailag kezelhető/kezelt hulladékanyagok) légzésintenzitásának mérésére használhatók. A légzésintenzitás a mikroorganizmusok aktivitását tükrözi, így közvetve a minta biológiai állapotáról nyerhetünk információkat. A biofilterek esetében az aktivitás mértéke a szagtalanítás hatékonyságára

utal. Minél aktívabb a minta, annál hatékonyabban működik a biofilter mikrokultúrája. A komposztérettség felmérésénél éppen fordított a helyzet. A nagy mikrobiológiai aktivitás a komposztfejlődés, érés korai szakaszaira jellemző. A stabil, érett komposzt légzésintenzitása már csak tört része a nyers komposzténak.

A Fővárosi Csatornázási Művek Zrt. Dél-pesti Laboratóriuma az OxiTop® Control B6/B6M rendszert használja, amely a 2. ábrán látható összeszerelt állapotban. A mérőrendszer



2. ábra Az eredetileg talajlégzés-mérésekhez fejlesztett WTW OxiTop® Control B6/B6M rendszer

elemeit ugyancsak ezen az ábrán követhetik az olvasók.

A mérések alapszabása a minta minőségétől függetlenül ugyanaz, csak a minta mennyisége változik az aktivitástól függően. Az üvegből készült, szélesszájú mérőedényekbe eredetileg 100-100 g töltetanyagot mérnek be talajmintákból. Ez a mennyiség a biofilterek faháncs tölteténél is optimálisnak bizonyult, és a komposztminták többségénél is alkalmazható. A nyers komposzt kivételt jelenthet. A nagy aktivitás és fajlagos mintatér fogat miatt maximum 50 g-os beméréssel érdemes elvégezni a tesztet. A minta feletti üres légtérbe süllyeszthető be a fedélre rögzített tartóelem, amely kizárólag a fedővel együtt mozgatható. A tartóelem az 50 mL-es műanyag főzőpohárnak biztosít stabil helyet, amelybe 5 g NaOH-port mérünk. A NaOH a mikroorganizmusok légzése során képződő széndioxidot nyeli el. A főzőpohár behelyezése után tudjuk csak a gumikosarat a helyére illeszteni, amely majd a fejet légmentesen szigeteli. A méréseket Pressure-P programmal indítjuk, 5 napra. A töltetek vizsgálatához valójában elegendő 2-3 nap is, de komposzt esetén 7 nap is szükséges lehet. A mérőfejek a nyomásváltozást (hPa) regisztrálják, ami ebben az esetben nyomásesést jelent, mivel a képződő CO₂-ot elnyeletjük, az O₂-t pedig elhasználják a mikroorganizmusok. A mérőfejek indítása és a rögzített adatok beolvasása kontrollerekkel (vezérlőegységek) (1. ábra) történik, amelyekről az adatsorok számítógépre letölthetők.

Természetesen ezeket a vizsgálatokat ritkán végezzük önmagukban. Valamilyen kiegészítő mérés szükséges a minták biológiai állapotának monitorozásához. A gyakorlatban igyekszünk olyan vizsgálatokat alkalmazni, amelyeket a szennyvíztisztítás-iszapkezelés

ellenőrzéséhez egyébként is használunk. Ezeket a kiegészítő méréseket az adott fejezetben részletesen tárgyaljuk.

A BIOFILTEREK MŰKÖDÉSE ÉS A BIOMASSZALÉGZÉS

A biofilterek komplex bioreaktorok, amelyek működése mikroorganizmusok anyagcsere-aktivitásán alapul. A biofilterek porózus közeghez rögzített mikroorganizmusokat használnak a légáramban lévő szennyezőanyagok lebontására. A mikroorganizmusok a hordozóanyag felületén biofilmet képeznek, vagy a hordozót körülvevő vízfázisban jelennek meg. A hordozóanyag sokféle lehet (pl. komposzt, faforgács, talaj, tőzeg stb.), amely gyakran nem csak felületet biztosít a mikroorganizmusok számára, hanem tápanyagokat is. Ahogy a levegő áthalad a szűrőágyon, a levegőfázisban lévő szennyeződések beoldódnak a biofilmbe, ahol biológiailag lebomlanak. A biofilterek legegyszerűbb változata, amikor komposzt, vagy talajágyon át áramoltatják a kellemetlen szaghatást okozó légtömeget / gázt. A skála másik végén a különböző alapanyagokból előállított töltetek, hordozók is felhasználhatók.

Az illékony szerves vegyületeket (Volatile Organic Compounds, VOC) heterotróf, a szervetlen szennyezőket (ammónia, kén-hidrogén) főként autotrófok eliminálják. A metil-szulfid, a dimetil-szulfid és a dimetil-diszulfid oxidációját általában a Thiobacillus, vagy a Hypomicrobium genus baktériumai végzik. Az előbbieken felsorolt vegyületeket és a metil-merkaptánokat hatékonyan oxidálja szulfáttá a Thiobacillus thioparus faj. Az akklimatizált mikroorganizmusokat tartalmazó, levegőztetett biofilterek a kén-, nitrogéntartalmú szagszennyeződések több mint 80%-át képesek eliminálni. [1]

Az OxiTop® Control B6/B6M mérőrendszerrel végzett légzésintenzitás vizsgálat eredményesen a főként heterotróf mikroorganizmusokat tartalmazó rendszerekben működik jól, így a fahács hordozóanyaggal töltött biofilterek monitorozására ajánlott. Az autotróf szervezetek kevesebb energiát nyernek az anyagcseréjük során, így lassan szaporodnak és a légzésintenzitásuk is jócskán elmarad a heterotróf szervezetekétől.

A légzésintenzitás meghatározása előtt a töltetminták nedvességtartalmát 40 – 50 %-ra igazítjuk úgy, hogy meghatározzuk a komposztminta szárazanyag-tartalmát és számoljuk a nedvesítés mértékét. Ha túl nedves, akkor szárítjuk (20-37°C-on) a komposztot.

Az egyetemes gáztörvény ($p \cdot V = n \cdot R \cdot T$) alapján vezethető le a COU (Cumulative Oxygen Uptake), azaz a Teljes Oxigénfelvétel [2]:

$$COU \text{ (mmol kg}^{-1} \text{ VS h}^{-1}\text{)} = \frac{\Delta P \cdot V_{gáz}}{83,14 \cdot T \cdot W \cdot TS \cdot VS \cdot t}$$

ΔP : nyomásesés (hPa)

$V_{gáz}$: a gázfázis térfogata (mL)

T: hőmérséklet (K) (itt 20°C, azaz 293,13 K)

W: a bemért töltetmennyiség (kg)

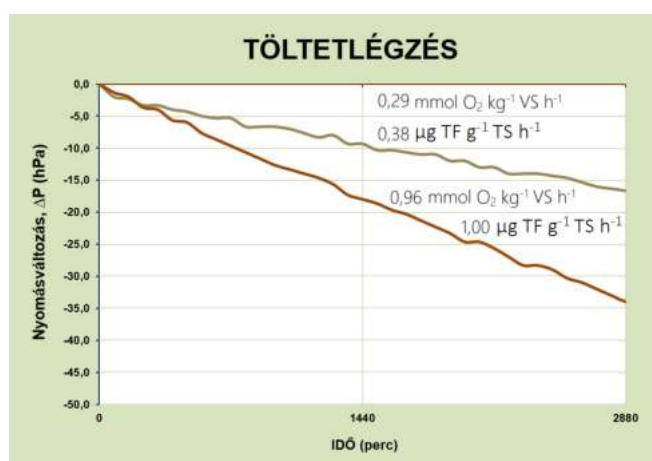
TS: a minta szárazanyag-tartalma (kg kg⁻¹)

VS: a minta szárazanyag-tartalomra vonatkoztatott szervesanyag-tartalma (kg kg⁻¹TS)

t: mérési idő (h)

A COU-t a komposztérés minősítésénél használt paraméter, de a töltetek minősítésére is felhasználhatjuk. A vizsgálatnak sem standardizált változata, sem osztályozási rendszere nem ismert, így csak egymással vethetjük össze a különböző biofiltereket, illetve időben monitorozhatjuk ugyanazt a biofilteregységet.

A töltetek légzésintenzitás tesztjét dehidrogenáz enzimaktivitás vizsgálattal egészíthetjük ki, amely a rothasztók általános mikrobiológiai aktivitásának nyomon követésére szolgál a laboratóriumi gyakorlatban. Természetesen nem a rothasztókra szabott módszert használtuk, hanem a talajmintákra kidolgozott változatot (MSZ-08-1721/3-86).



3. ábra Töltetek nyomásgörbéje kiegészítve a Teljes Oxigénfelvétel (COU, mmol O₂ kg⁻¹ VS h⁻¹) és a dehidrogenáz enzimaktivitás értékeivel (μg TF g⁻¹ TS h⁻¹), valamint a fahács töltet fotója. A gyengébb aktivitású töltet szageltávolítási hatékonysága nem elégséges, az aktívabb töltet megfelelő hatékonysággal működött a gyakorlatban.

A teljesség kedvéért a vizsgálat biokémiai háttéréről is ejtünk pár szót a túlzott „tudományosságot” mellőzve. A légzési folyamatban számos enzim vesz részt, amelyek közül a dehidrogenázokat színreakcióval is ki tudjuk mutatni TTC (2,3,5,-trifenil-tetrazólium klorid) segítségével. A dehidrogenáz aktivitás jól jellemzi a mikroorganizmusok által végzett lebontó folyamatok intenzitását. A szerves anyagok aerob mikrobiális lebontása egy membránhoz kötött elektronszállítón keresztül történik, ahol az oxigén a végső elektronfelvevő (elektronakceptor) molekula. A lánc működése közben a sejtek konvertibilis energiaváltozója, az ATP (adenozin-5'-trifoszfát) képződik. A dehidrogenázok hozzájárulnak a légzési lánc működéséhez (hidrogén átvitelét segítik). A dehidrogenáz aktivitás vizsgálat során az alkalmazott TTC tulajdonképpen megcsapolja a légzési láncot, így elektron nem a láncvégi oxigénre kerül, hanem a TTC molekulára, és ennek eredményeként vörös színű, vízben oldhatatlan trifenil-formazán (TPF) alakul át. A TPF mennyisége spektrofotometriásan meghatározható, mivel vörös/rózsaszín színének intenzitása 485 nm-en etanollal szemben kimérhető. [3] A rózsaszínű formazán tehát jelzi a sejt-szuszpenziók, tenyészetek, mikrobaközösségek stb. életképességét. Toxikus anyagok jelenlétében a dehidrogenáz enzimaktivitás gátolt, ezért a TTC piros színe nem jelenik meg.

20–20 g töltetet és 10–10 ml TTC oldatot (1,5% TTC oldat 12,1 g L-1 Tris (hidroximetil)-aminometán pufferben) bemérünk egy-egy jól zárható 100 ml-es mérőedénybe, majd lezárás után 20 órán keresztül 25 °C-on rázatjuk 150 rpm-mel. A vak mintához csak 10–10 ml Tris-HCl puffert (12,1 g L-1 Tris

(hidroximetil)-aminometán) adunk TTC helyett. Inkubáció után minden mintához 40 ml acetont mérünk, ezután tovább rázatjuk 2 órán át. Az acetont kioldja a keletkezett TPF-t. 10 perc ülepedés után a töltetszuszpenziót leszűrjük (MN 619 G1/4), és a szűrlet abszorbanciáját 546 nm-en mérjük. A kapott abszorbancia értékek ismeretében az előzőleg felvett kalibrációs egyenesről leolvassuk a TPF koncentrációkat, majd egységnyi töltetmennyiségre kiszámítjuk a dehidrogenáz aktivitást az alábbi képlet alapján:

Dehidrogenáz enzimaktivitás ($\mu\text{g TPF g}^{-1} \text{ h}^{-1}$) =

$$= \frac{c_{\text{TPF}} * 1000 * V_{\text{A+TTC}}}{W * TS * t}$$

CTPF: az abszorbancia értékből a kalibráció alapján számolt TPF koncentráció (mg/mL)

VA+TTC: a hozzáadott acetont és TTC oldat térfogata (mL) (itt 50 mL)

W: a bemért töltetmennyiség (g) (itt 20 g)

TS: a töltet szárazanyag-tartalma (kg kg⁻¹)

t: idő (h)

A légzésintenzitáshoz hasonlóan az enzimaktivitás értékeket sem tudjuk jelenleg standard osztályozáshoz kötni, azaz a mintákat csak egymással vethetjük össze, illetve biofilteregységeket időben monitorozhatunk. A 3. ábrán egy megfelelően és egy nem megfelelően működő biofilterre láthatunk példát Teljes Oxigénfelvétellel (COU) és dehidrogenáz enzimaktivitás értékekkel.

A KOMPOSZTÉRETTSÉG VIZSGÁLATA

A komposztálás során egyrészt a szerves anyagok egyszerű alapvegyületekre (széndioxid, szulfát, nitrát és víz) bomlanak le, másrészt a nem mineralizálódott szerves anyagokból humuszanyagok keletkeznek.



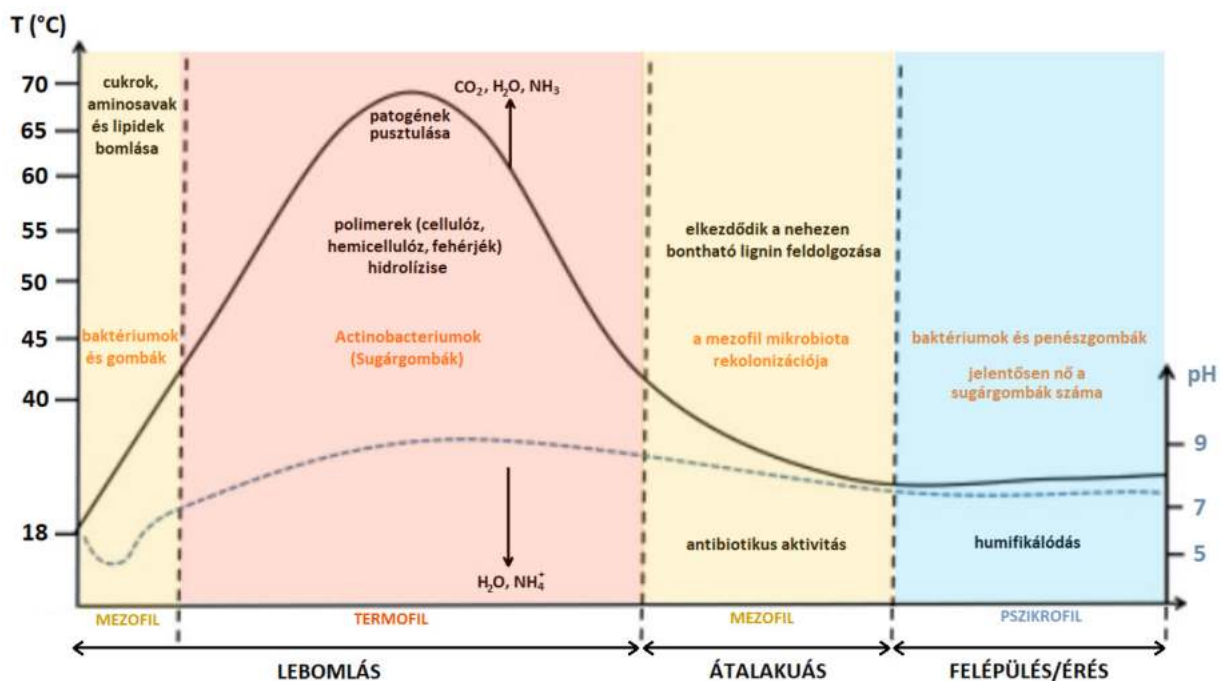
4. ábra A komposztálás szakaszai [4][5]

E folyamatok különböző mikro- és makro-organizmusok közreműködésével zajlanak. A komposztérés folyamán a hőmérsékletváltozás alapján négy szakaszt különíthetünk el [4]. A szakaszok jellemzőit a 4. ábrán gyűjtöttük össze és a 5. ábrán grafikus formában is nyomon követhető.

Az érettség / maturitás jelzi, hogy a komposztálás teljes folyamatának mely stádiumában van a vizsgált komposztanyag. Az érettséget nem lehet egyetlen tulajdonsággal leírni, így meghatározása is csak kettő vagy több paraméter mérésével lehetséges. A komposzt érettségét tulajdonképpen a fizikai, kémiai és biológiai stabilizáció mértékeként lehetne meghatározni, de a kémiai tulajdonságoknak a növényzetre gyakorolt hatása is beleértendő. Az éretlen komposzt nagymennyiségű szabad ammóniát, szerves savat tartalmazhat, valamint egyéb más vízoldható anyagot, amely a magvak csírázását és a gyökérfejlődést gátolják. [6][7]

A másik fontos fogalom, amely a komposztálódó szerves anyag speciális állapotára, bomlási fokára, fázisára utal: a stabilitás. A komposztérettséget és stabilitást gyakran egymás szinonimájaként használják, pedig a jelentésük különbözik. A stabilitás mindig összefüggésben áll az addig lezajlott bomlási folyamatok során még fennmaradó szerves összetevőkkel és az erre épülő biológiai aktivitással. Így a komposztstabilitás információt nyújt a komposztanyagoknak a különböző nitrogénformák elérhetőségére gyakorolt hatásáról és arról, hogy ezek az anyagok hogyan befolyásolják az állagot és a porozitást. Tehát a stabilitás foka előre jelezheti, hogy a felhasználandó komposzt akadályozza-e a tápanyagforgalmat, vagy az oxigénáramlást a közegen keresztül. [6][7]

A komposztérettség (maturitás) felméréséhez, illetve általában a komposzt minőségi analizéséhez számtalan módszer használható. Kiterjedhet a fizikai jellemzők (pl. szín, szag),



5. ábra A hőmérséklet változása a komposztálás során és a szakaszok jellemzői (A rövid bevezető szakaszt nem jelöltük.[5])

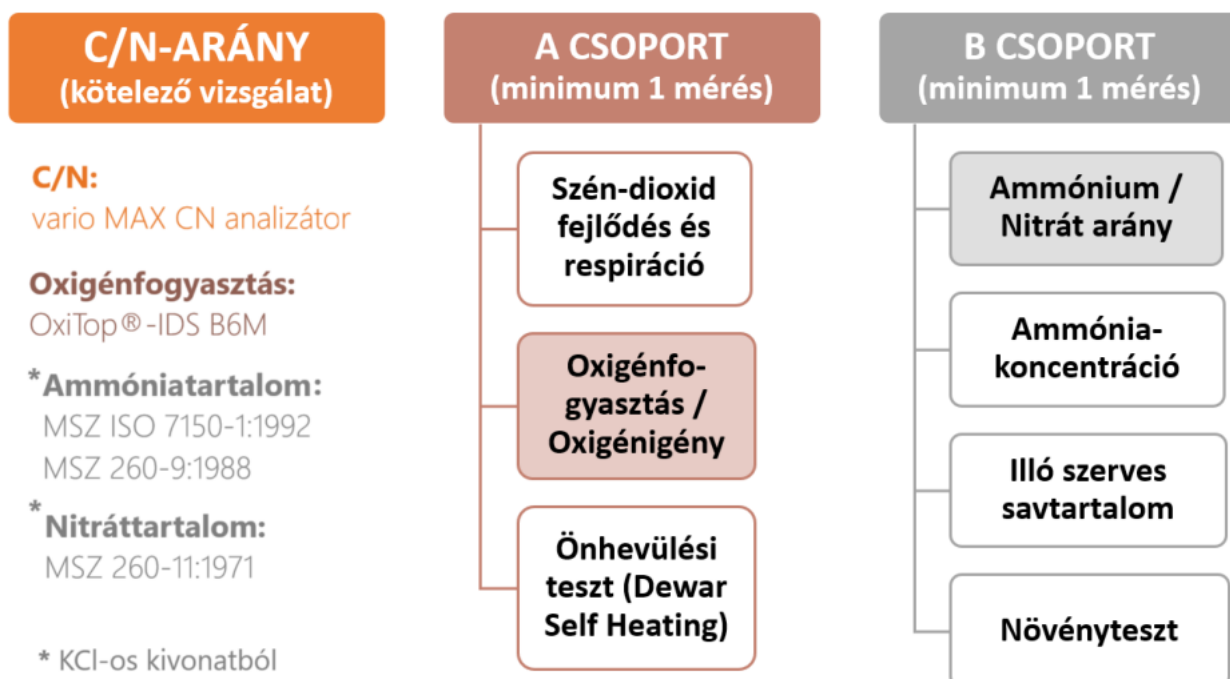


6. ábra A komposztérettség vizsgálatának különböző mértékben elterjedt módszerei [8]

a kémiai jellemzők (pl. C/N arány, nitrifikáció), a mikrobiológiai jellemzők (pl. önhevülési teszt, respiráció), a természetett növényekre gyakorolt hatás (pl. csírateszt) meghatározására és értékelésére. [8]

A komposzt érettségének vizsgálatára szolgáló módszereket az 3. ábrán foglaltuk össze.

A komposztvizsgálati módszerek megválasztásánál egyrészt igyekeztünk olyan méréseket kiemelni, amelyeket egyébként is végez a laboratórium, másrészt a vizsgálatok olyan csoportját alakítottuk ki, amelyek már összességében alkalmasak a komposzt minősítésére. Ehhez segítséget nyújtott a California Compost Quality Council (CCQC) ajánlása, amely jól körülírja a használható vizsgálatok csoportjait és



7. ábra A komposztérettség vizsgálatokat tartalmazó csoportok [6].

megfelelő támpontot ad a választáshoz. Az általuk kidolgozott Érettség Index (Maturity Index) legalább három komponensből épül fel. A 4. ábrán A California Compost Quality Council (CCQC) ajánlása látható a komposzt-minősítés vizsgálataihoz.

Az ajánlás három csoportra bontja a vizsgálati repertoárt. Az első csoportba csak egyetlen, kötelező vizsgálat tartozik: a C/N-arány meghatározása. Ezen felül két méréscsoportot alkottak (A és B csoport), amelyekből egy-egy mérést kell választani minimális feltételként. Felső korlát nincs, az adekvát módszerek minél szélesebb körét érdemes használni komplex rendszerként.

Az **A csoport** vizsgálati elemei a komposzt stabilitásának jellemzésére szolgálnak. A stabilitás meghatározására, felmérésére a legjobb módszer mindig valamilyen légzésvizsgálat, amely lehet a CO₂-fejlődés vagy az O₂-fogyasztás monitorozása. A respirometriás vizsgálatokkal közvetve jellemezhetjük a minták mikrobiológiai aktivitását. Az erőteljes CO₂-fejlődés, illetve O₂-fogyasztás kevésbé stabil komposztra utal. [6]

A **B csoport** vizsgálati elemei a fitotoxicitás jellemzésére szolgálnak a maturitás monitorozásánál, az itt vizsgált paraméterek kritikusak a komposztfelhasználás szempontjából. A komposztálás kezdeti fázisaiban ammónia mellett sokféle vízoldható és/vagy illó szerves sav (ecetsav, aminok stb.) is képződik. Ezek a további aerob komposztálódási folyamatok során a légtérbe távoznak, vagy kevésbé oldódó és toxikus összetevőkké alakulnak át. Megjegyezzük, hogy az érett komposzt is toxikus lehet az oldott sótartalomtól függően. [6]

A biomassa kötelező szén/nitrogén arányának meghatározását vario MAX CN

analizátorral végezzük. A módszer a minta levegőben (vagy oxigénben) történő magas hőmérsékletű, 850 °C-on történő feltárásán (elégetésén) alapul. A keletkező égéstermék CO_x, illetve NO_x tartalmából (infravörös detektor) előzetes kalibrálást követően meghatározható a minta szén- és nitrogéntartalma. Az A csoport elemei közül a légzésesztesztet (O₂-fogyasztás, OxiTop® Control B6/B6M) választottuk, amelyet a B csoportból az ammónia- (MSZ ISO 7150-1:1992, MSZ 260-9:1988) és a nitráttartalom (MSZ 260-11:1971) meghatározása egészíti ki. A két utóbbi paraméterből ammónium-N/nitrát-N arányt számolunk. (7. ábra)

Azért érdemes minél több vizsgálatot elvégezni, mert a tesztek egyenként, illetve külön-külön félrevezetőek lehetnek. Például alacsony C/N-arány (10:1) többféle érettségi fokú / stabilitású komposztra is jellemző lehet. Ideális érték érett komposztra nézve, de hasonló arány jellemző számos trágyafélére, és valamely kis szervesanyagtartalmú (nagy hamutartalom), nyers komposztra is.

A komposztálás optimalizálásánál az egyik legfontosabb tényező a C/N arány, mivel gondoskodni kell a mikroorganizmusok helyes tápanyagellátásáról, ezzel elkerülve a veszteséget (elsősorban a nitrogénvesztéget). Az optimális arány könnyen meghatározható a baktériumok tápelem igényéből, amelyet a sejtek C/N aránya alapján becsülhetünk. Ez a C/N arány 5:1. Azonban a tápanyagokat ilyen arányban dúsítani nitrogénnel felesleges, hiszen a baktériumok az általuk feldolgozott szerves anyag széntartalmának csak 20%-át használják fel a bioszintézisükhöz, míg 80%-át energianyerés céljából elégetik. Ezek alapján megfelelőbb kiindulási C/N arány a 25:1. Ha a nitrogén relatíve feleslegben van, akkor

a fölös nitrogén a 25:1 arányig ammónia formájában eltávozik, bizonyos esetekben intenzív ammónia szag kíséretében. Relatív sok szén esetén a folyamat csak nagyon lassan indul be, csak akkor, amikor a felesleges szén már CO₂ formájában eltávozott. Ez az elméleti 25:1 arány a gyakorlatban módosul, elsősorban a nehezen bomló lignintartalom miatt inkább a 30–35:1 az optimális. Gyakran emlegetik leegyszerűsített alapszabályként, hogy minél öregebb, barnább és fásabb egy anyag, annál több szenet tartalmaz és minél frissebb, lédúsabb vagy zöldebb, annál több nitrogént. [6]

A szerves széntartalom meghatározásával tulajdonképpen a biológiailag bontható széntartalom becsülhető. A komposztálás során a szerves szénvegyületek részben átalakulnak komplexebb szerves molekulákká (humusz), részben pedig mineralizálódnak és szén-dioxid formájában távoznak a rendszerből. A komposzt teljes szerves széntartalma a degradáció különböző fokait képviselő szerves anyagokból tevődik össze. Ezek közül némelyek ellenállnak a további bomlásnak, némelyek biológiailag aktívak maradnak. [6] Amennyiben a komposzt nem elég stabil, akkor az utókezelés (rostálás), tárolás és

felhasználás során megváltoznak egyes tulajdonságai (pl. melegszik, penészesedik, kellemetlen szagokat képez). Egy stabil komposzt már ültetőközegként is használható. [7]

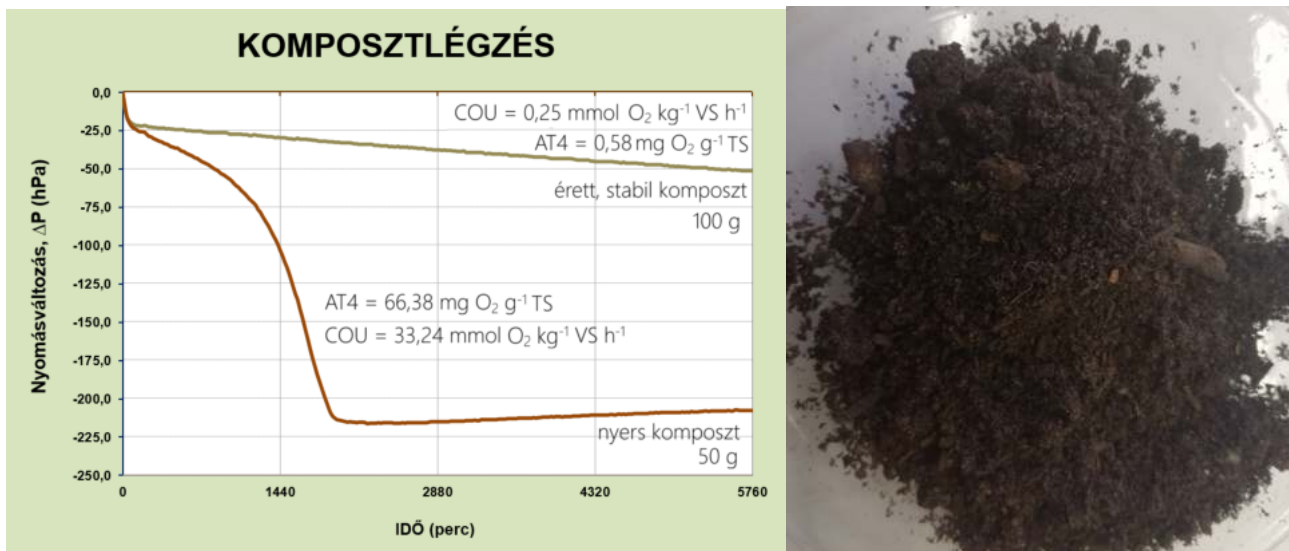
A komposzt érése során jelentős változásokon megy keresztül. A legjelentősebb változásokat a 8. ábrán foglaltuk össze. Az ábra egyben a CCQC kategóriarendszert is mutatja, amely 3 érettségi szintet különböztet meg: éretlen (immature), közepesen érett (mature) és érett komposzt (very mature).

A komposztérettség vizsgálatokra felkészítjük a mintákat. Az A csoportba tartozó légzésintenzitás meghatározása előtt a komposztminta nedvességtartalmát 40 – 50 %-ra igazítjuk. Több módszer közül választhatunk:

Az OxiTop Control mérőrendszer hivatalos ajánlása alapján 300 g komposztot 300 mL vízzel nedvesítünk, majd a nedvesített komposztból a fel nem vett vizet 30 percig vízszivattyú alkalmazásával távolítjuk el. [8] Marokpróbát is alkalmazhatunk, vagyis egy maréknyi komposztot összenyomunk. Optimális nedvességtartalom esetén a minta összeáll, de nem csepeg belőle víz. Meghatározzuk a komposztminta szárazanyagtartalmát és számoljuk a nedvesítés



8. ábra A maturitási kategóriák és azok jellemzői [6], valamint a komposztminták aktiválása 37°C hőmérsékleten



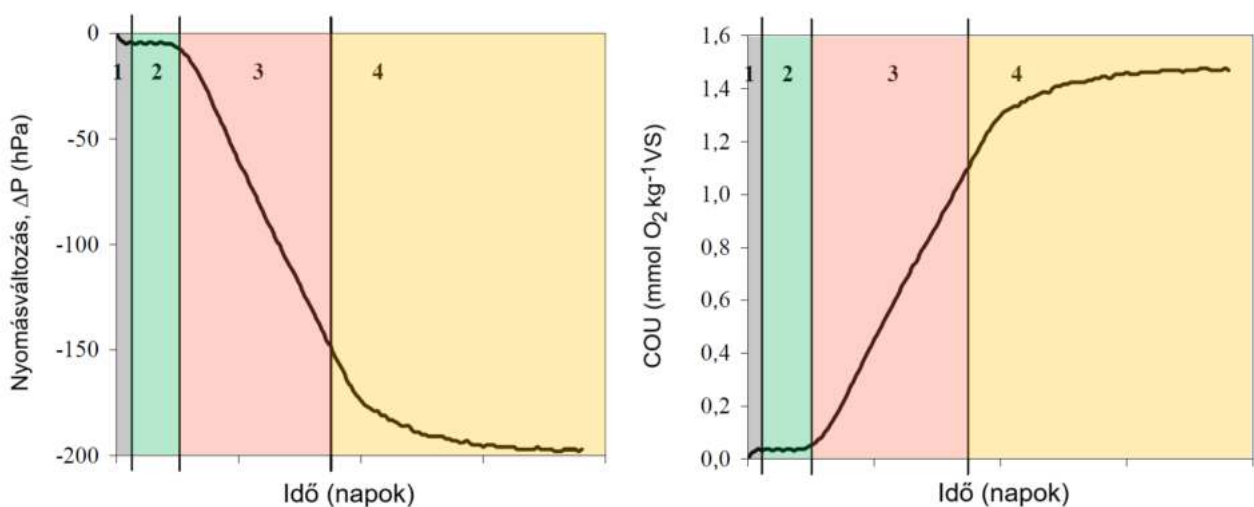
9. ábra Éretlen és érett komposztminták nyomásváltozásgörbéje és az érett komposztminta fotója

mértékét. Ha túl nedves, akkor szárítjuk (20-37°C-on), ha száraz, nedvesítjük.

A nedvességtartalom beállítása után legalább 24 órán keresztül inkubáljuk a mintát: jól záródó zacskóban, állandó hőmérsékleten (37°C) és 100%-os páratartalom mellett. (8. ábra) Az előkészítés után végezhető el a mérés. [6] A vizsgálatot a bevezetőben leírt módon állítjuk össze. A nyomásérzékelő fejek

adatsorait az idő függvényében ábrázoljuk (9. ábra). Az nyomásváltozásgörbe alakja jellegzetes, 4 szakaszra tagolható, amelyek a 10. ábrán követhetők.

A hőmérséklet relatív páratartalomra gyakorolt hatása: ha a minta hőmérséklete eltér a termosztátszekrény hőmérsékletétől, akkor a relatív páratartalom megváltozik a gáztérben, ennek következtében a nyomás is változik. Ennek a fázisnak a megjelenése



10. ábra Az OxiTop nyomásérzékelő fejek által rögzített nyomásváltozásgörbéken négy szakaszt különíthetünk el. [2]

OSZTÁLYOZÁS COU ALAPJÁN (holland) [2]		AT4 SZERINTI OSZTÁLYOZÁS [9]		
Stabilitás kategória	COU (mmol O ₂ kg ⁻¹ VS h ⁻¹)	Osztály	AT4 (mg O ₂ g ⁻¹ TS)	A termék jellemzői
nagyon instabil	>30	I	>40	nyers komposzt
instabil	15-30	II	28 – 40	friss komposzt
stabil	5-15	III	16 – 28	friss komposzt
nagyon stabil	<5	IV	6 – 16	kész komposzt
COU – Cumulative Oxygen Uptake AT4 - Accumulated Oxygen Consumption		V	<6	kész komposzt

1. táblázat A komposztminták minősítése COU és AT4 értékek alapján [2][9]

megelőzhető, esetleg lerövidíthető a minta pár órás előtemperálásával.

Lag-fázis: ahol a mikrobiális aktivitás a sebességmeghatározó tényező. Ez a fázis is lerövidíthető a minta oltásával, azaz a körülményekhez adaptálódott oltó kultúra hozzáadásával.

Az oxigénfelvételi ráta a sebességmeghatározó tényező. Csak ezt a fázist vesszük figyelembe a COU meghatározásánál.

Az oxigénhiány a sebességmeghatározó tényező, mivel elfogyott a gáztérből. [2]

A nyomásváltozásértékekből számolhatjuk a COU értéket a biofiltertölteteknél megadott képlet segítségével. A töltetekkel ellentétben a komposztminták esetében létezik minősítési rendszer, amely a COU értékek alapján kategorizálja a mintákat és az érettségi állapotát is megjelöli. A különböző COU értékekhez rendelt komposztkategóriákat a 1. táblázatban foglaltuk össze. Több, nagyon eltérő eredetű és összetételű komposzt jellemző COU értékeit a 2. táblázat tartalmazza.

Komposztminták minősítésére egy másik oxigénfogyasztást leíró paraméter is használható.

Az AT4 egy nemzetközileg elfogadott, a komposzt érettségét, stabilitás, felhasználhatóságát meghatározó jellemző. A vizsgált minta biológiailag lebontható szervesanyag-tartalmának mikrobiológiai átalakulása során 4 nap alatt felhasználásra került összegzett oxigénmennyiség (mg O₂ g⁻¹ TS). [8] A következő képlettel számolható:

$$AT4 \text{ (mg O}_2 \text{ g}^{-1} \text{ TS)} = \frac{32 * \Delta P * V_{g\acute{a}z}}{83,14 * T * W * TS}$$

ΔP : nyomáscsökkenés (hPa)

$V_{g\acute{a}z}$: a gázfázis térfogata (mL)

T: hőmérséklet (K) (itt 20°C, azaz 293,13 K)

W: a bemért töltetmennyiség (g)

TS: a minta szárazanyag-tartalma (g g⁻¹)

t: mérésidő (nap)

Az AT4 értékhez szintén tartozik minősítési rendszer jól körülhatárolt komposztkategóriákkal, amelyeket a 2. táblázatban foglaltunk össze.

A szerves anyag típusa	COU (mmol O ₂ kg ⁻¹ VS h ⁻¹)	Jellemzés	Felezési idő (nap)
Friss sertéstrágya és biohulladék	50 – 200	nagyon instabil	4 – 14
1 hetes komposzt	15 – 25	instabil	29 – 48
2 hetes komposzt	7 – 15	instabil	48 - 102
Friss komposzt 3 – 4 hét után	7 ± 3	stabil	102
Érett komposzt 5 hónap tárolás után	3 ± 1	nagyon stabil	239
Szerves anyag a talajban	2 – 3	nagyon stabil	239 – 358
Világos tőzeg	1,7 ± 0,2	nagyon stabil	421
Sötét tőzeg	0,6 ± 0,1	nagyon stabil	1194
Biohulladék komposzt	17,0 ± 7,8	-	-
Zöldhulladék komposzt	10,4 ± 3,3	-	-
Érett gombatáptalaj (szubsztrát)	28,1 ± 3,8	-	-
Tőzeg	2,1 ± 0,9	-	-
Fakéreg és komposztált fakéreg	13,4 ± 9,6	-	-

2. táblázat Különböző szervesanyagtypusok légzésintenzitása standardizált körülmények között [2]

A komposztálás kezdeti fázisában nem, vagy alig képződik nitrát. Amikor a termofil szakasz befejeződik, a bomlási folyamatok lassulnak, megjelennek a mezofil mikroorganizmusok a komposztban. Ezek a mikroorganizmusok konvertálják a szerves nitrogént ammóniává és nitráttá. A nitrát-N koncentráció bizonyos szint fölé emelkedése (50 mg/kg a minta szárazanyag-tartalmára vonatkoztatva) indikátora lehet az érési folyamat elindulásának, majd az érés további fázisaiban a nitrát-N koncentráció szép lassan meghaladja az ammónia-N értéket. Ezek alapján az ammónium-N: nitrát-N arány meghatározása megfelelően informatív számolt paraméter a maturitás monitorozásához. Sajnos, ha az ammónium-N és a nitrát-N együttes koncentrációja < 250 ppm (mg/kg), akkor a számolt arányuk túl sok hibával terhelt, így nem alkalmazható a maturitás felmérésére. [6]

A B csoportba tartozó ammónium-N/nitrát-N arány meghatározásához ugyancsak szükség van mintaelőkészítésre. A spektrofotometriás vizsgálatok előkészítéséhez (MSZ ISO 7150-1:1992, MSZ 260-11:1971) 40 g komposztmintához 100 cm³ 1 M KCl-oldatot adunk, majd 1 órán át rázatjuk vagy kevertetjük a szuszpenziót. A rázatás után a szuszpenziót szűrjük (az első 20 cm³-t elöntjük). Az acidimetriás ammóniatartalom meghatározása előtt (MSZ 260-9:1988) 2 g komposztmintához 20 cm³ 2 M KCl-oldatot adunk, majd 30 percen át rázatjuk, vagy kevertetjük. A szuszpenziót leszűrjük. Ezután a minták vizsgálatánál az adott szabvány szerint járunk el. (MSZ 20135:1999)

Az A és a B csoport vizsgálatának értékeléséhez szükséges kategóriákat a 3. táblázat tartalmazza. A 9. ábrán egy érett és egy éretlen komposzt minta nyomásváltozásgörbéje

PARAMÉTER	MINŐSÍTÉS		
	ÉRETT	KÖZEPESÉN ÉRETT	ÉRETLEN
Ammónia-N : nitrát-N arány	< 0,5	0,5 – 3	> 3
Ammónia-koncentráció (mg kg⁻¹ TS)	< 75	75 – 500	> 500

3. táblázat A CCQC minősítési rendszer kategóriái a B vizsgálatcsoport meghatározott paramétereiben [6]

látható. Az érett komposzt ammónia-N koncentrációja 52,37 mg kg⁻¹ TS, a nitrát-N koncentrációja 5989 mg kg⁻¹ TS és az ammónia-N/nitrát-N arány 0,009. Az éretlen komposzt ammónia-N koncentrációja 2024 mg kg⁻¹ TS, a nitrát-N koncentrációja 340 mg kg⁻¹ TS és az ammónia-N/nitrát-N arány 5,96. Ezek az értékek megfelelnek a két szélső kategória (érett és éretlen) értékeinek, így korrelálnak az COU (33,24 mmol O₂ kg⁻¹ VS h⁻¹ nagyon instabil és 0,25 mmol O₂ kg⁻¹ VS h⁻¹ nagyon stabil) és AT4 (66,38 mg O₂ g⁻¹ TS nyers komposzt, I kategória és

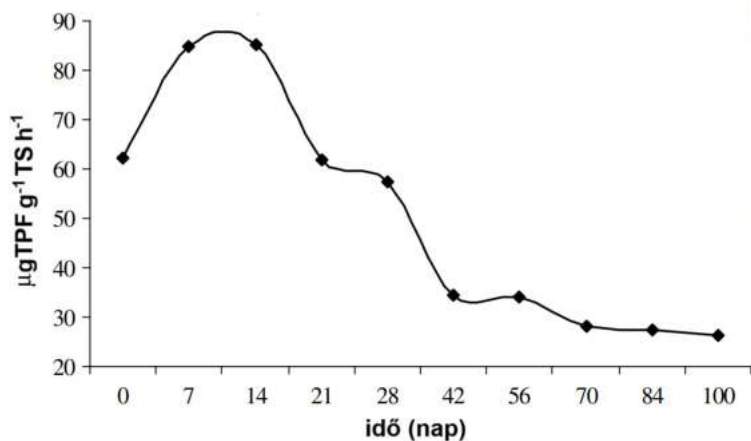
0,58 mg O₂ g⁻¹ TS, kész komposzt, V kategória) kategóriákkal.

Érdemes megemlíteni a dehidrogenáz enzimaktivitás vizsgálatot (MSZ-08-1721/3-86) a komposztminták esetében is. Hasonló helyzettel állunk szemben, mint a biofilterek értékelésénél. Nem áll rendelkezésre standard minősítési rendszer jól körülhatárolható érettségkategóriákkal, így a mintákat csak egymással tudjuk összevetni, illetve időben monitrozhatjuk a komposztfejlődést. Mindezek ellenére jól használható paraméter, mert leköveti a komposztérés fázisait. Erre láthatunk példát a 11. ábrán.

A kiváló indikátorértéke miatt a gyakorlatban elterjedten használják külföldön [10] és Magyarországon is [11][12][12]. A dehidrogenázon kívül más enzimek is sikeresen alkalmazhatók (pl. proteáz, ureáz, celluláz, α-glükozidáz stb.). [14][15]

ÖSSZEFOGLALÁS

A bonthatósági vizsgálatok széles köre végezhető el az OxiTop® mérőrendszerek segítségével, amelyek így sokoldalúan képesek támogatni a szennyvíztisztító telepek



11. ábra A dehidrogenáz enzimaktivitás változása a komposztálás során és az enzimaktivitásának vizsgálata [14]

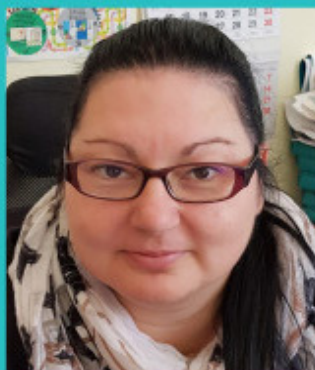
hatékony üzemeltetését. A négy részes cikksorozatunk elsődleges célja ezen módszerek népszerűsítése volt. Ez a komplex vizsgálat-halmaz is mutatja, hogy milyen változatosan alkalmazhatók alapvető biológiai mérések, és hogy a biológia módszerei mennyi járulékos információval egészíthetik ki a kémiai adatso-rokat. A szennyvíztisztítás és kapcsolt területei biológiai folyamatokat aknáznak ki a működésük során, és ezek a rendszerek csak biológiai vizsgálatokkal jellemezhetők igazán.

A vízvonalon zajló biológiai lebontási fo-lyamatok modellezése a BOI (Biokémiai

Oxigénigény vizsgálat) és a légzésteztek se-gítségével történik. A rothasztókban zajló fo-lyamatokat térképezzük fel, illetve a nagy szer-vesanyag-tartalmú hulladékanyagok anaerob lebontása során termelődő biogáz mennyisé-gét határozzuk meg az anaerob bonthatósági vizsgálatokon keresztül. A biofilterek aktivitá-sát mérjük a töltetek légzéstezstejével, vala-mint a komposztérettségre következtethetünk a Teljes Oxigénfelvétel (COU) számszerűsíté-sével. Egyéb biológiai vizsgálatokkal kiegé-szülve a bonthatósági vizsgálatok pontosan írják le ezen biológiai rendszerek működését.

▶ IRODALOMJEGYZÉK

SZERZŐ:



Bezsényi Anikó: 2007 óta dolgozik a Fővárosi Csatornázási Művek Zrt-nél biológus-mérnökként. 2017-től az Óbudai Egyetem Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskolájának PhD-hallgatója. Témája a „Mikroszennyezők eltávolítása szennyvízből”. Szakértőként és oktatóként több országban képviselte a céget (Bukarest - 2011. július-október és 2013. április; Szófia - 2013. július; Zágráb - 2017. január; Nur-Szultan - 2019. július). 2012-ben a bajai Eötvös József Főiskola és az EMVIR Nonprofit Kft. közös rendezésében meghirdetett 'Települési biológiai szennyvíztisztító telepek működés-optimalizációja' szakmai tanfolyamon oktatóként vett részt. A szennyvízkezelés, rothasztás és komposztálás biológiai optimalizálásával, problémamegoldással, fejlesztési feladatokkal széleskörűen foglalkozik.



Cím: 5008 Szolnok, Vajda János út 29.
E-mail: komplex.siker@gmail.com , www.komplexsiker.fw.hu
Mobil: 06 (20) 941-8347

**PROFESSZIONÁLIS CÉLOKRA ALKALMAS SZIVATTYÚK A VÍZELLÁTÁS
ÉS SZENNYVÍZELVEZETÉS TERÜLETÉN! CALPEDA, SUBLINE, ZENIT, HOMA, JET,
ROVATTI, CADOPPI, NETZSCH, PCM, VARISCO, JWC MONSTEREK**

**Rossz állapotban lévő szv. átemelők műanyaggal való BÉLELÉSE,
valamint komplett házi beemelő egységek,
ÉS MÁS TÍPUSOK HATALMAS VÁLASZTÉKA**

*Kérje ismertetőnket!
Képviselőnk készéggel áll rendelkezésére.*



SZAKMAI NAPOT SZERVEZ:

ENERGIAHATÉKONYSÁG, A SZENNYVÍZTELEP, MINT ERŐMŰ

A SZENNYVÍZISZAP, MINT ÚJ ENERGIAFORRÁS

- Szennyvíz kezelés
energiamérlege
- Alternatív energia termelő
megoldások az ágazatban



Részvételi díj



MASZESZ tagoknak
8 500 Ft+ÁFA
tagi kuponkód: TAG23
nem MASZESZ tagoknak
12 500 Ft+ÁFA

ebéd opcionálisan kérhető
2000 Ft+ÁFA

Jelentkezés:

[Ide kattintva](#)



<https://www.regisztracio.maszesz.hu/product/energiahatekonysag-a-szennyviztelep-mint-eromu-szakmai-nap/>

Dátum

2023. október 11. (szerda),
9.00-12:20 óra
Regisztráció 8:40-től



Helyszín

Nemzeti Közsolgálati
Egyetem
Ludovika



Kapcsolat

MaSzeSz Titkárság
e-mail: titkarsag@maszesz.hu
tel: 06 20 391 0909



SZAKMAI NAP:
**Energiahatékonyság, a szennyvíztelep, mint erőmű
 A szennyvíziszap, mint új energiaforrás**
**Tervezett PROGRAM
 2023. október 11. 8:40**

8:40	9:00	Regisztráció	
9:00	9:05	Megnyitó	Gerőfi-Gerhardt András, FCSM
9:05	9:25	A szennyvíztelepek energetikai kérdései	Gerőfi-Gerhardt András
9:25	9:30	Kérdések	
9:30	9:50	Energiahatékony üzemeltetési gyakorlat az Észak-Pesti Szennyvíztelepen	Kassai Zsófia, FCSM
9:50	9:55	Kérdések	
9:55	10:15	Biogáz termelési adatok bemutatása, energia hasznosítási módok kiválasztása helyi adottságok szerint, energiatermelés növelésének lehetőségei	Eszes Zsolt, Water4All
10:15	10:20	Kérdések	
10:20	10:40	Szennyvíziszap hasznosítása anyagában – Energia és Termék Veres Zoltán, Nyírségvíz	
10:40	11:00	Kávészünet	
11:00	11:20	A szennyvíztelepek energetikai önellátásának megteremtése	Hujber Ottó, Coopinter
11:20	11:25	Kérdések	
11:25	11:45	Ipari vízgazdálkodási energiamérleg	Taxner György, UTB Envirotec
11:45	11:50	Kérdések	
11:50	12:10	Szennyvíztisztítás és a külső energiaszektor kapcsolódása	Sorossy Sándor, IFUA
12:10	12:15	Kérdések	
12:15	12:20	Zárszó	Gerőfi-Gerhardt András

A programváltozás jogát fenntartjuk.

A MaSzesz 2023. évi működési támogatója:

SZAKMAI NAPOT SZERVEZ:

ENERGIAHATÉKONYSÁG, A SZENNYVÍZTELEP, MINT ERŐMŰ

VÍZ ÉS SZENNYVÍZTISZTÍTÓ TELEPEK ENERGETIKAI FENNTARTHATÓSÁGA, TEKINTETTEL A MEGNÖVEKEDETT ENERGIAKÖLTSÉGEKRE



- Energiahatékony üzemeltetés
- Bejövő és kimenő paraméterek mérése az energiahatékonyságban
- Hatékony szivattyúzás
- A hálózati veszteség és a szivattyúk munkapontjának beállítása a nyomáscsökkentés tükrében
- A megfelelő technológiák kiválasztása
- A légtelenítők szerepe az energiahatékonyságban
- Új típusú megoldások a szennyvíz továbbítására



Részvételi díj

MASZESZ tagoknak
8 500 Ft+ÁFA

Tagi kód: TAG23

nem MASZESZ tagoknak
12 500 Ft+ÁFA

ebéd opcionálisan kérhető
2000 Ft+ÁFA



Jelentkezés:

Ide kattintva

<https://www.regisztracio.maszesz.hu/product/viz-es-szennyviztisztito-telepek-energetikai-fenntarthatosaga-tekintettel-a-megnovekedett-energiakoltsegekre-szakmai-nap/>



Dátum

**2023. október 27. (péntek),
9.00-12:00 óra
Regisztráció 8:40-től**



Helyszín

**Nemzeti Közszolgálati
Egyetem
Ludovika**



Kapcsolat

MaSzeSz Titkárság
e-mail: titkarsag@maszesz.hu
tel: 06 20 391 0909

SZAKMAI NAP:
Energiahatékonyság, a szennyvíztelep, mint erőmű
Víz és szennyvíztisztító telepek energetikai
fenntarthatósága, tekintettel a megnövekedett
energiaköltségekre
Tervezett PROGRAM
2023. október 27. 8:40

8:40	9:00	Regisztráció	
9:00	9:10	Megnyitó	Ilcsik Csaba, MaSzeSz
9:10	9:25	Energiahatékony üzemeltetés	Homola Anett, Szegedi Vízmű
9:25	9:30	Kérdések	
9:30	9:45	Bejövő és kimenő paraméterek mérése az energiahatékonyságban	Szombathy Péter, Water Minilab Kft
9:45	9:50	Kérdések	
9:50	10:05	Hatékony szivattyúzás	Dauner Balázs, Wilo
10:05	10:10	Kérdések	
10:10	10:25	A hálózati veszteség és a szivattyúk munkapontjának beállítás a nyomáscsökkentés tükrében	Galambos Péter, Hawle Kft
10:25	10:30	Kérdések	
10:30	10:45	A megfelelő technológiák kiválasztása	Szabó Zsolt, Wapp Tech kft
10:45	10:50	Kérdések	
10:50	11:05	Energiahatékonyság az üzemeltetésben	Bartók Pál, Fővárosi Vízművek
11:05	11:10	Kérdések	
11:10	11:25	A légtelenítők szerepe az energiahatékonyságban	Drozdik Károly, ENERWE Kft
11:25	11:30	Kérdések	
11:30	11:45	Új típusú megoldások a szennyvíz továbbítására	Orosz Norbert, Kristály Kft
11:45	11:50	Kérdések	
11:50	12:10	Digitális technológiák az átlátható és gazdaságos szivattyú üzemeltetésért	Dubei Tibor, KSB Hungary Kft.
12:10	12:15	ZÁRSZÓ	Ilcsik Csaba, MaSzeSz

A programváltozás jogát fenntartjuk.

A Szakmai Nap támogatója:

A MaSzesz 2023. évi működési támogatója:



SZAKMAI NAPOT SZERVEZ:

ENERGIAHATÉKONYSÁG, A SZENNYVÍZTELEP, MINT ERŐMŰ

ENERGIAHATÉKONYSÁG A GYAKORLATBAN

- Modellezés és az energiahatékonyság
- Aktív modellek szerepe a hatékonyság növelésében
- A visszacsapó szelepek hatékonyságának javítása
- Kistelepülések vízellátásának hatékonyságnövelése
- Energhatékonyág a telepeken



Részvételi díj

MASZESZ tagoknak
8 500 Ft+ÁFA

Tagi kód: TAG23

nem MASZESZ tagoknak
12 500 Ft+ÁFA

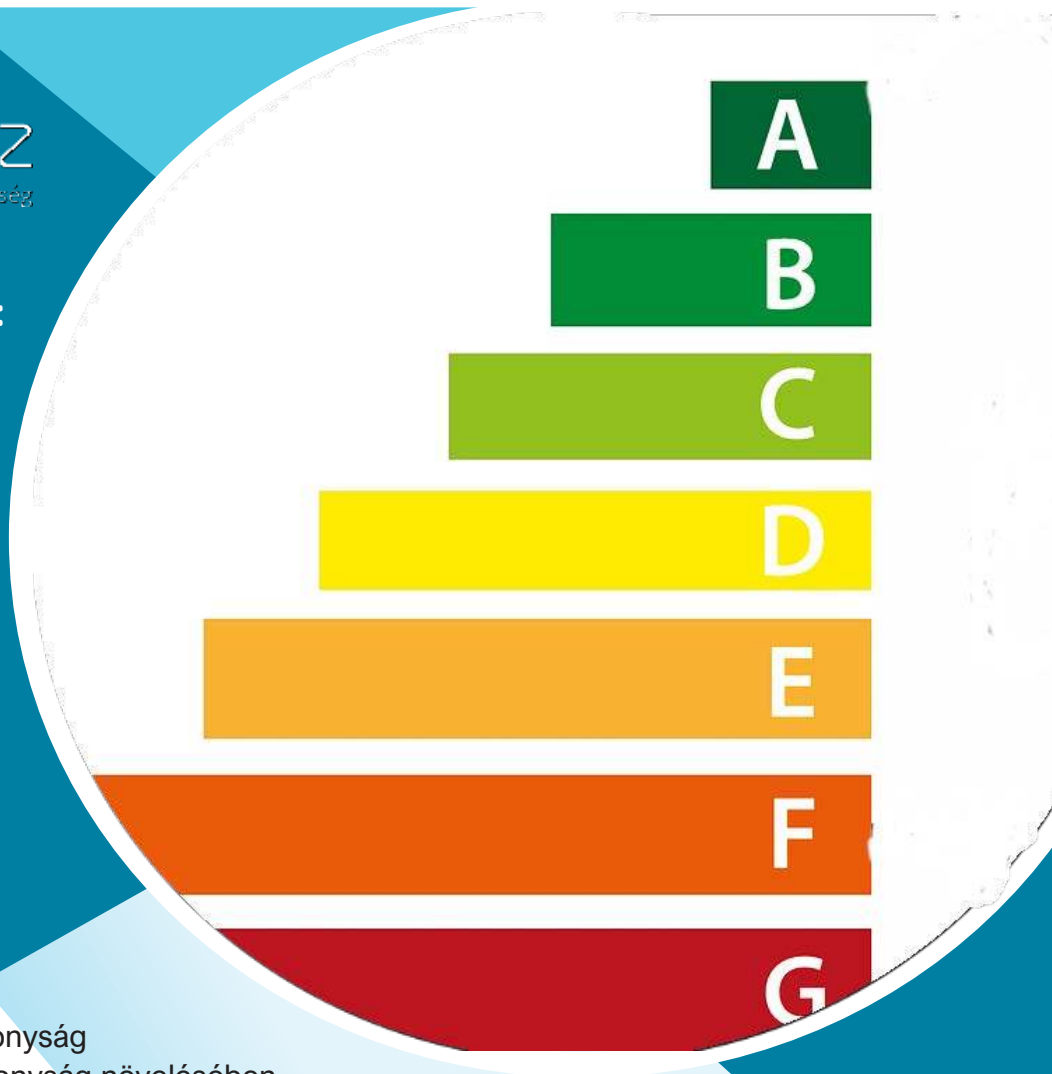
ebéd opcionálisan kérhető
2000 Ft+ÁFA



Jelentkezés:

IDE KATTINTVA

<https://www.regisztracio.maszesz.hu/product/energhatekonysag-a-gyakorlatban-szakmai-nap/>



Dátum

**2023. november 22. (szerda),
9.00-12:00 óra
Regisztráció 8:40-től**



Helyszín

**Nemzeti Közszolgálati
Egyetem
Ludovika**



Kapcsolat

MaSzeSz Titkárság
e-mail: titkarsag@maszesz.hu
tel: 06 20 391 0909

SZAKMAI NAP:

Energiahatékonyság, a szennyvíztelep, mint erőmű
Energiahatékonyság a gyakorlatban

Tervezett PROGRAM
2023. november 22. 8:40

8:40	9:00	Regisztráció	
9:00	9:10	Megnyitó	Ilcsik Csaba, MaSzeSz
9:10	9:25	Modellezés és az energiahatékonyság	Nagy Zsuzsa, DHI Hungary
9:25	9:30	Kérdések	
9:30	9:45	Aktív modellek szerepe a hatékonyság növelésében	Huzsvár Tamás, DHI Hungary
9:45	9:50	Kérdések	
9:50	10:10	Kistelepülések vízellátásának hatékonyságnövelése	Ilcsik Csaba, WaterScope Zrt
10:10	10:15	Kérdések	
10:15	10:30	Energiahatékonyság a telepeken	Temesvári Péter, Bácsvíz Zrt
10:30	10:35	Kérdések	
10:35	11:10	A visszacsapó szelepek hatékonyságának javítása	Orosz Norbert, Kristály Kft
11:10	11:15	Kérdések	
11:15	11:20	Zárszó	Ilcsik Csaba, MaSzeSz

A programváltozás jogát fenntartjuk.

A Szakmai Nap támogatója:

A MaSzesz 2023. évi működési támogatója:



KRISTÁLY
Tervező, Kereskedelmi és Szolgáltató Kft.



**HUNGARIAN
WATER
PARTNERSHIP**

A TISZÁNTÚL TERÜLETI INTEGRÁLT VÍZGYŰJTŐ- GAZDÁLKODÁSI PROBLÉMÁINAK ÉS MEGOLDÁSI LEHETŐSÉGEINEK AZONOSÍTÁSA, A TISZA-KÖ- RÖS VÖLGYI EGYÜTTMŰKÖDŐ VÍZGAZDÁLKODÁ- SI RENDSZER (TIKEVIR) HATÁSTERÜLETÉN

Tamás János, Nagy Attila

Debreceni Egyetem, Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet,
4032 Debrecen, Böszörményi út 138. (E-mail: tamas@agr.unideb.hu)

KIVONAT

„Trendek és kihívások a területi vízgazdálkodásban” címmel tudományos szakmai konferenciát tartottak 2023. május 24-én a Debreceni Egyetemen. A konferencia célja a Tiszántúl területi integrált vízgyűjtőgazdálkodási problémáinak és megoldási lehetőségeinek azonosítása, különös tekintettel a Tisza-Körös völgyi Együttműködő Vízgazdálkodási Rendszer (TIKEVIR) hatásterületén. A konferencia eredményei alapján a Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar Víz- és Környezetgazdálkodási Intézete és a Tisza vízgyűjtőjén érdekelt vízszolgáltatók és vízhasználók a téma jelentőségére felhívva a figyelmet a javaslataikat fogalmazták meg a TIKEVIR vízgazdálkodási gyakorlatának megújítására.

BEVEZETÉS

Kárpát-medencében a világ többi tájához hasonlóan az édesvíz készleteink nem állnak korlátlanul, ingyenesen, bármikor és bármilyen felhasználási céllal rendelkezésre. Emellett a mezőgazdaságot, mint egyik legnagyobb víz felhasználó szektort, fokozottan

veszélyezteteti a klímaváltozás következtében előforduló szélsőséges vízháztartási események növekvő gyakorisága. A stratégiai és az operatív vízgazdálkodás szempontjából meghatározó, hogy a legnagyobb hazai víz és föld használó, a mezőgazdaság, valamint a települési vízgazdálkodás milyen rövid és középtávú gyakorlatot kíván alkalmazni a hosszútávú fenntarthatóság érdekében. A szélsőséges időjárási helyzetek miatt kiemelt figyelmet kell fordítanunk elsősorban a szántóföldi növénytermesztés és a kertészet területén a talaj-víz-növény-élelmiszer rendszer műszaki, agrotechnológiai és biológiai összefüggéseinek mind jobb megismerésére, és ezeket a régió vízgazdálkodói számára hozzáférhetővé kell tenni.

A téma megvitatására a Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar valamint annak Víz- és Környezetgazdálkodási Intézete szervezésében az Agrár-felsőoktatás 155. éves évfordulójának alkalmából és a Nemzeti Víz tudományi és Vízbiztonsági Nemzeti Labor (NVVNL) projekt keretében „Trendek és kihívások a területi vízgazdálkodásban” tudományos szakmai konferenciát tartottak 2023

május 24-én Debrecenben. A konferencia célja a Tiszántúli Területi Integrált vízgyűjtő-gazdálkodási problémáinak és megoldási lehetőségeinek azonosítása, különös tekintettel a Tisza-Körös völgyi Együttműködő Vízgazdálkodási Rendszer (TIKEVIR) hatásterületén. A 15 ezer négyzetkilométeres Tisza-Körös völgyi Együttműködő Vízgazdálkodási Rendszer (TIKEVIR) négy megyére kiterjedő működési területével Európa egyik legnagyobb összefüggő vízgazdálkodási rendszere, amelynek célja az, hogy a vízhiányos térségek vízkészletét pótolja, valamint a térségben nem ritkán jelentkező belvizet a környező vízfolyásokba jutassa. Végső soron az Alföldre jellemző hidrometeorológiai szélsőségek hatását az öszszehangolt vízkormányzás révén csökkentse. Ezért meghatározó jelentőséggel bír a hazai területi vízgazdálkodásban. A konferenciának különös aktualitását adja, hogy az elmúlt időszakban felgyorsultak a TIKEVIR-t érintő vízkivételek és összetettebbé váltak a lakossági, ipari, mezőgazdasági és tájhasználati vízhasználatok. Ezek optimális tér és időbeli kielégítése új szemléletmódot, összességében egyfajta paradigmaváltást igényel. A TIKEVIR hatásterületére – mint speciális vízgazdálkodási régióra – kidolgozott elméleti és gyakorlati megoldások, várhatóan az ország más területein is referenciaként használhatóak lesznek. A rendezvény szakmai színvonalát garantálta az is, hogy a Debreceni Egyetem, Víz és Környezetgazdálkodási Intézetében működő Területi Vízgazdálkodási és Klímadaptációs Központ a területi vízgazdálkodási kutatási feladatokhoz kapcsolódóan, az EU ESFRI (<https://www.esfri.eu/about>) Kiválósági Kutatási Infrastruktúra, illetve a hazai Top 50 Kutatási Infrastruktúra minősítést is megszerezte. Ezekre a kiváló kutatási-oktatási

lehetőségekre támaszkodva az intézet koordinálja a Víz tudományi és Vízbiztonsági Nemzeti Laboratórium (VVNL) projektben a „Regionális és mezőgazdasági vízgazdálkodási” programot, a TKP2021-NKTA-32 kiválósági projekt keretében a precíziós öntözési programot, illetve az EU H2020 Wateragri projekt keretében a nemzetközi vízkészletgazdálkodási kutatásokat. A rendezvény egyik célja az is volt, hogy a szakmai közvélemény minél szélesebb köre megismerhesse a rendelkezésre álló eredményeket, és feltárja jövőbeli lehetőségeket.

A konferencián 63 fő vett részt és 15 előadás hangzott el (1. ábra). Az előadók között a kutatási szféra mellett kiemelt szerepet kapott a Nemzeti Agrárgazdasági Kamara, az Országos Vízügyi Főigazgatóság, más Vízügyi Igazgatóságok, valamint víztervezéssel és öntözőrendszerek fejlesztésével értékesítésével, öntözési döntéstámogatással foglalkozó vállalatok, szántóföldi és kertészeti termesztésben, valamint a halgazdálkodás érdekelt szakemberek és gazdák. A TIKEVIR gyakorlatának megújítását célzó tematikus előadásokra felkért előadók részletesen értékelték a következő feladatokat: a hazai vízkínálat és vízkereslet kérdései, hasznosítható vízkészletek kihívásai, fejlesztési irányai, valamint a vízvisszatartás és vízkormányzás újabb lehetőségei, a kapcsolódó optimalizálási problémák. Elemezték a résztvevők a víz és energia takarékos öntözési megoldásokat és azok irányítási, gazdaságossági kérdéseit a fenntartható kertészeti és szántóföldi termelésben, a kapcsolódó támogatási rendszereket, valamint a halgazdálkodás szerepét és helyét a területi vízgazdálkodásban.

A konferencián lehetőségük volt az érintetteknek, a vízszolgáltatóknak, és



1. fotó. A „Trendek és kihívások a területi vízgazdálkodásban” tudományos szakmai konferencia résztvevői (Fotó Kiss NÉ.)

Photo 1. Participants of the scientific conference „Trends and challenges in regional water management” (Photo by NÉ. Kiss)

a vízfelhasználóknak a területi vízgazdálkodással kapcsolatos kihívások és trendek megvitatására. A konferencia eredményei alapján a szervező Debreceni Egyetem Víz- és Környezetgazdálkodási Intézete felkérte a Tisza vízgyűjtőjén, ám elsősorban a TIKEVIR hatásterületén érdekelt vízszolgáltatókat és vízhasználókat a téma jelentősége és aktualitása kapcsán ajánlásaik megfogalmazására, amelynek szerkesztett változata a következő három gondolatköré csoportosítható:

- Differenciált vízgyűjtő szintű vízkészlet gazdálkodás
 - Öntözéstechnológia és Belvízgazdálkodás
 - Pénzügyi, szakigazgatási szabályozás
- Javaslatok a TIKEVIR vízgazdálkodási gyakorlatának megújítására

A Tisza vízgyűjtőjének és ezen belül a TIKEVIR vízgazdálkodási gyakorlatának megújítására vonatkozó javaslatok az alábbiak:

1. Differenciált vízgyűjtő szintű vízkészlet gazdálkodás:

A fejlesztési források hatékonyabb felhasználása érdekében komplex és integrált műszaki-mezőgazdasági-ökológiai-ökonómiai megoldási rendszert, integrált mezőgazdasági vízgazdálkodási gyakorlatot kell kidolgozni és megvalósítani elsősorban azokra a Speciális Vízgazdálkodási Régiókra (SVR) vonatkozóan, így a Tisza-Körös völgyi Együttműködő Vízgazdálkodási Rendszer (TIKEVIR) hatásterületére (*TIVIZIG, KÖTIVIZIG*), ahol a vízkormányzás és a tározás, valamint az optimalizált vízhasználat a legtöbb nemzetgazdasági

hozzáadott értéket képes biztosítani a mélyföldek és a termékeny hátsági területek vízgazdálkodási intenzifikálása révén. Emellett racionalizálni kell a talaj-környezet-természetvédelmi elvárásokat és előírásokat.

Több olyan vízgazdálkodási gyakorlatot újra kell értékelni, amelyek mára már TIKEVIR háttérterületén a szélsőséges klíma események hatásainak kivédésére kevésbé hatékonyak, mint amilyenek a múlt évszázadban voltak. Ezen régiókban a támogatási rendszerek összehangolásával meg kell újítani, illetve megteremteni a vízgyűjtő alapú, vízcentrikus, modern száraz gazdálkodásos és öntözéses kultúrát. Ennek része a földhasználat, birtokszerkezet, a teljes terméklánc, a precíziós növényi és állati technológiáktól az erre épülő feldolgozó és élelmiszeriparig. Ösztönözni kell a rövid ellátási lánc (Debrecen, Nyíregyháza, Szolnok) fejlesztését a TIKEVIR területén.

Meg kell vizsgálni a TIKEVIR-hez hidrológiailag kapcsolódó vésztározók funkcióinak átalakíthatóságát, normál tározási feladatok esetében. Meg kell teremteni – ahol ez lehetséges – a kiterjedt csatornahálózat kettős működtetését, medertározási lehetőségeket. Biztosítani kell – ahol másként nem lehetséges – a napenergiával üzemeltetett szivattyús átemelést és a kiegyenlítő tározást.

Az új természetközeli, vízmegtartásra épülő vízgazdálkodás megvalósításához a vízügyi szervezeteken túl, a felhasználóknak is hozzá kell járulniuk, víztakarékos technológiák alkalmazással, illetve a vízvisszatartásban történő aktív közreműködéssel. Erősíteni kell a termelők szakmai felkészültségét segítő intézkedéseket, legyen szó a mezőgazdasági vízgazdálkodásról, vagy a termőhelyspecifikus növénytermesztésről.

Újra kell gondolnia a nem természetvédelmi területeken a halászati célú tározók víztakarékos intenzifikálását, ezzel megteremtve a fel szabaduló lekötött és tárolt vízkészletek eltérő hasznosíthatóságát.

A TIKEVIR területe mellett igen fontos az általi vízkínálat megtartása, rehabilitációja és fejlesztése: a rövid-közép-hosszú mezővizet érintő, meglévő vízgazdálkodási stratégia érvényesítése. Ehhez kapcsolódóan a vízszolgáltatási rendszerek üzemeltetési rendjét újra kell gondolni. Olyan stratégiai tervre van szükség, amely felhasználja a tudományos és technológiai szakértelmet annak biztosítására, hogy az EU egész területén biztonságos víz álljon a mezőgazdaság rendelkezésére. Konkrét terveket kell készíteni a tartós aszálytól és áradásoktól sújtott helyi területekre és régiókra.

Egységes vízgyűjtőszintű vízgazdálkodási rendszeren belül kell optimalizálni a területi és a települési vízkészletgazdálkodást. Növelni kell a területi vízhasználaton belül az alternatív vízkészletek hasznosítását, illetve a településeken belüli szürkevizet újra hasznosítását. Csökkenteni kell a települések vízlábnyomát.

2. Öntözéstechnológia és Belvízgazdálkodás

Állami öntözésfejlesztési tervekkel „fejlesztetni” kell a termelői öntözési képességet, amelyvel termelő már indulni tud a Vidékfejlesztési Programban. (A kínálat - kereslet metszetében ez 2018-ban 300 ezer hektárt jelentett.) A meglévő vízrendszerek kihasználtságát úgy lehet növelni, ha az öntözésfejlesztést differenciáltan elsősorban ott támogatjuk, ahol van vízkínálati lehetőség. Itt rövid időn belül megtérülne az állam által történő öntözésfejlesztési program, amely a vízkínálat és

vízkereslet metszetében nyújtana termelői segítséget az öntözésben.

Ösztönözni kell a TIKEVIR hatásterületén az öntözést igénylő magas élelmi minőséget biztosító szántóföldi, gyümölcs, zöldség és gyógynövény kultúrák löszháti termesztését, különös tekintettel arra, hogy a zöldség- és gyümölcsstermesztésben a termézbiztonság alapja az öntözés, így versenyképes ágazat nem képzelhető el öntözés nélkül.

A víz és energiatakarékos intenzív öntözési technológia a leginkább tökeigényes, így feltételezi a legmagasabb szintű elérhető gyakorlat megteremtését. Az itt kidolgozott precíziós megoldások példa értékűen hatnak a szárazgazdálkodás általános technológiai színvonalára. A szárazgazdálkodásban általánossá kell tenni a folyamatos méréseken alapuló talajvédő gazdálkodási gyakorlatot a talajok víztárolási kapacitásának és a talajvizek szabályozásának optimalizálása érdekében. Magyarországon az öntözés és belvízgazdálkodás térben és időben szervesen kapcsolódik, így nem lehet az azonos hidrológiai rendszerben egyiket sem előnyben részesíteni. Az okszerű belvízgazdálkodási rendszer az időszakosan és viszonylagosan feleslegesnek tűnő vízkészletek kezelésében, a vizek visszatartásában, majd újrahasznosításában kulcsszereppel bír, de ehhez számos földhasználati, birtokszerkezeti és műszaki feladatot kell regionálisan eltérő módon a gyakorlatban megvalósítani. Ugyanakkor a TIKEVIR hatásterülete lehet a legjobb elérhető gyakorlat példája, hiszen itt valamennyi vízgazdálkodási feladat koncentráltan jelentkezik.

A TIKEVIR hatásterületén jelentősen növekszik az urbanizáció és ezen belül az ipari víz használata. Ezzel átalakulnak a lefolyási, beszivárgási, párolgási viszonyok, amely

folyamatokat az extrém klíma események (pl. villámárvizek, belvizek és városi hóhullámok) hatásai felerősítenek. A kertségi övezetekben növekszik a kutakból történő – és jövőben már nem is ellenőrzött – vízkivétel. Így felértékelődik a valós idejű monitoring rendszer kiépítésének fontossága, hogy biztosítani lehessen a vízgyűjtő hidrológia és vízminőségi alkalmazkodó képességét a területi és települési rendszerek optimalizálásával.

A gazdálkodók törekednek a hatékony és víztakarékos öntözési megoldások alkalmazására, valamint az öntözési infrastruktúra karbantartására és fejlesztésére, mint például a csatornák tisztítása és az elavult öntözőtelepek felújítása. Ezen beruházásokhoz további forrásokat kell bevonni a vízhasználóktól vagy akár a szélesebb termelői rétegtől is, akik jelenleg ugyan nem rendelkeznek öntözési lehetőséggel, de később szükségük lehet rá. Egy 5-10 ezer forint/hektáron éves öntözési célú hozzájárulás nem lehetetleníti el a gazdálkodókat, de jelentős forrásokat biztosíthat az öntözéssel kapcsolatos közérdekű beruházásokhoz, valamint segítheti a vízügyi igazgatóságok munkáját. Meg kell fontolni, hogy a vízgazdálkodási tevékenység eseti finanszírozásáról át kell térni, a rendszeres, kiszámítható támogatásokra.

3. Pénzügyi, szakigazgatási szabályozás:

Kiszámítható, megfizethető vízdíjakat (vízkészletjárulék, vízszolgáltatási díj) kell kialakítani, a részleges költségmegtérülés elve mentén, mellyel megfelelünk az uniós előírásoknak, annak érdekében, hogy ne veszélyeztessük az uniós források rendelkezésre állását. A döntéshozók ugyan felmentést adtak a termelőknek a vízdíj megfizetése alól 2023-ra vonatkozóan, de az országos átlag meghatározása

nem lehetséges, mert a magas vízdíj versenyhátrányt okozhat a gazdálkodóknak egyes területeken, és akár az intenzív gazdálkodás visszaszorulásához is vezethet, míg más területeken a víz olcsóbb és nagyobb a tolerancia a költségekkel szemben. A vízdíj pedig sok esetben csak az öntözési költség maximum 10-15%-át teszi ki és számos tényezőtől függ, mint például a technológia, a gazdaság mérete, a földhasználati lehetőségek stb.

Megfelelő termelői ösztönzőket kell kialakítani a mezőgazdasági vízgazdálkodásban, illetve a termőhelyspecifikus növénytermesztésben. Különös tekintettel a Vidékfejlesztési Programban rejlő lehetőségekre (nem termelő beruházási, beruházási és együttműködési pilléren, tekintettel a felszíni-, felszín alatti vízkészletek rendelkezésre állására, a körforgásos gazdálkodásra: tisztított szenny- és technológiai vizek újrahasznosítása, iszapok kihelyezése, termálpotenciálok kiaknázása, stb.).

Fontos, hogy a vízgazdálkodásban egy szemléletváltásnak kell bekövetkeznie, mely értékeli a múltban elért eredményeket, de figyelembe veszi a kor kihívásainak (klímaváltozás, stb.) való megfelelést azáltal, hogy

feltárja kiváltó okokat, majd hatékony választ ad a probléma kezelésére. (Rugalmas vízgazdálkodási rendszerek kialakítása, mely mind a víztöbbletet, mind a vízhiányt megfelelően kezeli.) A kitűzött célt csak közös együttműködéssel lehet elérni, ahol a vízügyi szakma, agrárium, természetvédelem, városfejlesztés együtt dolgozva, kompromisszumokra törekedve halad előre.

Külön, önálló költségvetésre lesz szükség, egy uniós rendelettel, amely forrásokat irányít a megfelelő vízellátást célzó központi, regionális és helyi tervek lehetővé tételére és elősegítésére. Az ilyen terveknek biztosítaniuk kell a célnak megfelelő vízi infrastruktúra kiépítését és fenntartását az EU minden részén. Fentiekkel a cél a mezőgazdasági alapanyag-előállítás rugalmas alkalmazkodóképességének (rezilienciájának) támogatása, melyhez a Debreceni Egyetem humán erőforrása és nemzetközileg minősített víztudományi eszközháttere rendelkezésre áll, hiszen az új természetközeli, vízmegtartásra épülő vízgazdálkodás megvalósításához új, korszerű tudással rendelkező szakemberek képzésére van szükség, ez pedig jelentős elméleti és gyakorlati tudásátadást igényel.



MAGYAR HIDROLÓGIAI TÁRSASÁG XL. ORSZÁGOS VÁNDORGYŰLÉS

GYŐR, 2023. JÚLIUS 5-7.



1. fotó. Az MHT XL. Országos Vándorgyűlésének ünnepi megnyitója (Fotó: Hamar B.)

A MAGYAR HIDROLÓGIAI TÁRSASÁG XL. Országos Vándorgyűlésének a vizek városa, Győr adott helyet.

- a települési vízgazdálkodás,
- a vízépítés és a hidrológia- hidraulika-numerikus modellezés tudományterületén.

A szakma minden területéről mintegy **369 résztvevő érkezett a győri Széchenyi István Egyetemre.**

Az előadók a gyakorlati igény oldaláról közelítették a vizsgált problémákat.

Az esemény kiemelt támogatója az Észak-dunántúli Vízügyi Igazgatóság volt. A kiállítással kibővített vándorgyűlésen **6 témakörben rendeztek szekcióüléseket**

Szinte kivétel nélkül mindegyik tanulmány konkrét, a gyakorlatban azonnal alkalmazható eredményeket is adott, nem feledkezve meg a továbbfejlesztés lehetőségéről sem.

- a vízkárelhárítás,
- a vízkészlet-gazdálkodás,
- a területi vízgazdálkodás,

Összesen mintegy 100 előadás hangzott el. Az **MHT 2023. évi Nívódíj pályázatra** összesen 7 pályamunka érkezett be.

Az MHT Nívódíjában 4 pályázat részesült:

- Bezsényi Anikó és Makó Magdolna „Mit tehetünk, ha nincs pénzünk negyedik tisztítási fokozat kialakítására?”,
- Bozzay Ferenc, Baranyai Olga és Hercsel Róbert „Döntéstámogató térinformatikai terepi alkalmazások (webes applikáció) a Nyugat-dunántúli Vízügyi Igazgatóságon”,
- az Észak-dunántúli Vízügyi Igazgatóság „Mosoni-Duna torkolati szakaszának vízszint rehabilitációja”,
- a Közép –Tisza - vidéki Vízügyi Igazgatóság „Vízgazdálkodási Évkönyv” című könyvsorozata.

A 2024. évi XLI. Országos Vándorgyűlést Szolnok városában fogják megrendezni



Mosoni-Duna torkolati műtárgy

(<https://tinyurl.com/bde6f63n>)

Mosoni-Duna shiplock

(<https://tinyurl.com/bde6f63n>)



70 ÉVES – A JELENLEGI – VÍZÜGYI SZOLGÁLAT



Amikor a hetven évvel ezelőtt megszületett a Nagy Imre kormánynak az Országos Vízügyi Főigazgatóság létrehozásáról szóló 1060/1953./IX.30/

számú határozata, akkor egy viszonylag rövid, öt éven át tartó zavaros időszak zárult le a hazai vízügyi szolgálat történetében. Az előzményekről röviden annyit, hogy az 1945-öt követő koalíciós időszak nem kedvezett az addigi vízügyi szervezet működésének. A háborús károk a saját független önkormányzattal rendelkező vízitársulatokat súlyosan terhelték, s a földreform végrehajtása pedig az addigi – főleg a közép- és nagybirtokok gazdasági erejére épülő – anyagi alapjaikat döntő módon ellehetetlenítette. Mindezek arra kényszerítették az egymást váltó kormányokat, hogy az ármentesítő-, belvízszabályozó (és vízhasznosító) társulatokat az állami költségvetés terhére segítsék ki nehéz helyzetükből. Amikor 1948-ban a koalíciós világ a vége felé közeledett, a kommunista/szociáldemokrata baloldali tengely elérkezettnek látta az időt, hogy megszabaduljon a polgári-kisgazdapártinak tekintett társulatoktól és a korábbi államosítási hullám egyik utolsó lépéseként államosítsa a társulatokat, kimondva azt, hogy az ország valamennyi vízügyi feladata állami kötelezettséget jelent. (Az indokot az 1947/48. év szilveszterén bekövetkező felső-tiszai árvíz katasztrófa szolgáltatta, amelyet az érintett ármentesítők nem tudtak elhárítani,

de nyilvánvaló, hogy a társulatok államosításának alapvetően politikai okai voltak! Mint ahogy későbbi ellehetetlenítésük is politikai indíttatásból származott!)

Az 1948-ban létrehozott vízügyi szervezet szinte évente változott, nem volt igazán hatékony, az állami vízügyi feladatok (gyakorlatilag minden vízügyi feladat) több minisztérium között oszlottak meg, még szerencse, hogy ezen időszak alatt a nagy folyókon komoly árvízi terhelés nem jelentkezett.

Az elmúlt időszakban – még szakmai körökben is – elterjedt az a nézet, hogy ez az 1953. évi kormányintézkedés teremtette meg Magyarországon az egységes vízügyi szolgálatot. Helyesebb azonban úgy fogalmazni, hogy ez az intézkedés állította helyre az egységes vízügyi szolgálatot. Mert ne feledjük, már Kvassay Jenő működése idején 1891-ben egy kormányzati tárca (a Földművelésügyi Minisztérium) felügyelete alatt megalakított Országos Vízépítészeti Hivatal (ez a szervezet a későbbiekben több névváltozáttal is szerepelt), amely nemcsak a folyam- és kultúrmérnöki hivatalokat, hanem a Közegészségügyi Mérnöki szolgálatot, a Halászati Felügyelőséget, a Vízrajzi szolgálatot, stb. saját szervezeti körében tudhatta, ezzel megvalósította a korszak szinte valamennyi vízzel kapcsolatos állami feladatának irányítását. Igaz, ezzel párhuzamosan létezett a magánkezdeményezés alapján létrejött vízitársulati struktúra is, amely szervezetileg ugyan független, saját önkormányzattal rendelkező intézmény volt, de tevékenységét tekintve – az egymást



követő évtizedek során – egyre szorosabban függött az állami felügyeletről és törvényi előírásoktól. Ezért is beszélhetünk egészen az 1948. évi államosításig állami és társulati vízügyi szolgálatról!

A vízügyi feladatok teljeskörű államosítása nem volt egy minden ízében rossz döntés, hiszen a szocialista korszakban a termelési eszközök csaknem maradéktalan társadalmi (vagy inkább állami) tulajdonba vételének logikája érvényesült a hazai vizek tekintetében is. Egyes kortársak, szakmai tekintélyek is – most leszámítva a lelkes bértollnokok minden rendszerben fellelhető hangos csapatát – nem egy esetben üdvözölték az államosítási lépést, hiszen az lehetőséget teremtett a hazai felszíni- és felszín alatti vizek mennyiségi (és később minőségi) számbavételére, s ezzel kapcsolatosan a hidrológia tudományának hazai fellendítésére. A társulatok megszüntetése hiba volt, ami különösen a helyi vízgazdálkodási feladatok ellátásában okozott komoly gondokat. A helyzet megoldására 1957-től létrehozott új típusú víztársulatok

anyagi alapjait az egykori nagybirtokok helyébe lépő (időközben megalakított) állami gazdaságok és tsz-ek területalapú befizetései biztosították. Névlegesen tekinthető önkormányzatukat minden esetben a helyi párt- és állami vezetés által befolyásolva gyakorolhatták. Az már az 1955 végétől a vízügyi szolgálat élén álló Dégen Imre és munkatársai fejében született ötlet volt, hogy a társulati konstrukciót a víziközművesítés területére is kiterjesszék. Ezzel sikerült – az állami támogatási rendszer mellett – az érdekelt települések lakosságának anyagi erejét is bevonni a vezetékes vízellátás-csatornázás végrehajtásába és megkezdődhetett a kistelepülések közegészségügyi viszonyainak fejlesztése.

Visszatérve az 1953. évi kormányhatározatra, az Országos Vízügyi Főigazgatóság (OVF) első vezetőjének Rajczi Kálmánt, a Földművelésügyi Minisztérium addigi főosztályvezetőjét nevezték ki. Rajczi személye talán azért is került előtérbe, mert a Nagy Imre-féle kormányzat a mezőgazdaság fejlesztését kiemelten kezelte, s annak programszerű kidolgozásában Rajczi közreműködését is igénybe

vette. Mindezek a folyamatok a vízgazdálkodás szervezeti újragondolását is megkövetelték. Az új struktúrában az OVF a kormány közvetlen felügyelete alatt állt, a felügyeleti jogkört a Minisztertanács első elnökhelyettese, a belügyminiszteri posztot is ellátó Gerő Ernő gyakorolta. Rajczi a november 26-án kiadott Vízügyi Értesítő első számában a következőket fűzte a kormány döntéséhez: „A Minisztertanács a 1060/1953. számú határozatával létrehozta az Országos Vízügyi Főigazgatóságot és ezzel megszüntette a vízügyi szolgálat széttagoltságát. Az átszervezés a népgazdaság érdekét szolgálja.

A tervszerű vízgazdálkodásunkat zavarta eddig az a körülmény, hogy annak ügyei különböző tárcák feladatkörébe tartoztak. Most az öntözés, a belvízvédelem, az árvízvédelem, a folyó- és patakszabályozás, az ivó- és ipari vízellátás, a csatornázás és az ipari szennyvízelvezetés vízgazdálkodási ügyei egy főhatóság hatáskörébe kerültek, mert az ország vízkészletével csak egy szerv gazdálkodhat. ...”

Az új főigazgató gondoskodott a 11 területi igazgatóság létrehozásáról és működésük megszervezéséről. (A 12., a Bajai igazgatóságot végül a Budapesti VIZIG területét megosztva 1955-ben hozták létre.)

A Rajczi által vezetett OVF (valamint az érintett és frissiben szervezett igazgatóságai) az 1954. évi dunai árvízi védekezés során nem remekeltek különösebben, így a Nagy Imrét követő Hegedűs-kormány 1955 végén Rajczit leváltotta, s helyébe Dégen Imrét, a SZÖVOSZ addigi elnökét ültette.

Ezzel egy új korszak vette kezdetét, amelynek során a vízügyi szolgálat lépésről-lépésre egyre több szakfeladatot vont felügyelete alá, megteremtve a hazai vizek mennyiségi és minőségi kezelésének szervezeti egységét. Az már más kérdés, hogy ennek az egységes kezelésnek a rendszerváltás első kormánya véget vetett, s az azóta egymást váltó kormányzatok magukkal cipelik ennek terhét.

Fejér László



TISZTELJÜK VIZEINKET

INNOVATÍV TERMÉKEK A TELEPÜLÉSI- ÉS AGRÁR-VÍZGAZDÁLKODÁSI GYAKORLATBAN

PURECO A PLANET EXPO 2A STANDJÁN

A globális vízellátási, vízkezelési, valamint elosztási ágazat jelentős mértékben járul hozzá társadalmunk fennmaradásához, garantálva élelmünket, egészségünket és jólétünket. A Föld lakosságának fele már jelenleg is városokban él, harminc év múlva ez az arány viszont már 70 %-ra nő, ami soha nem látott mértékű keresletet támaszt a megbízható és biztonságos vízellátás iránt. Jelenleg a Földön minden ötödik ember nem jut egészséges ivóvízhez, az ENSZ előrejelzése szerint 2025-re a világ népességének 35%-át fenyegeti majd vízhiány. A globális trendek 2050-re a vízfogyasztás 55%-os növekedését prognosztizálják¹, a gyáripár, a hőenergia-termelés, a mezőgazdaság, valamint a háztartások részéről fellépő többlet igények és az emberi tevékenységek által az édesvíz forrásainkra háruló egyre növekvő nyomás miatt. A meglévő víziközmű rendszerek jó állapotának fenntartása is kiemelt kérdés, feladat, a rekonstrukció, illetve az új, sokszor innovatív, alternatív vízellátási, vízkezelési megoldások szintén kihívás elé állítják a szakembereket.

A kihívások (a biztonságos vízellátás biztosítása) megoldására előtérbe kerülnek a korszerű, minőségi anyagok vízgazdálkodási infrastruktúrában történő használata, valamint felerősödik

az innovatív, a fenntartható és hatékonyabb megoldások alkalmazása is a városi, települési vízellátás gondjainak megoldására, és a mezőgazdaság vízfelhasználásának csökkentésére.

Milyen fenntartható megoldásokat tud felmutatni a vízipar a kihívások kezelésére?

– Ivóvíztisztítás

- Regenerálható adszorbens alapú víztisztítás: körforgásos szemlélet: a regenerálást követően a megtisztított adszorbens visszakerül a tisztítási technológiába, csökkentve ezzel a keletkező hulladékot
- ENSZ által nevesített mobil víztisztító megoldás

Kisfilm a regenerálható adszorbens alapú ivóvíztisztítási technológiáról

– Szennyvíztisztítás

- Egyedi technológiával, olyan területeken, ahol nincs csatornarendszer
- 100% szippantott szennyvíz élővízi befogadóra történő megtisztítása
- ENSZ által SDG-k teljesítését felgyorsító megoldásként nevesítve

Kisfilm a Kumasi Szennyvíztisztító telep építéséről

¹ A Gazdasági Együttműködési és Fejlesztési Szervezet (OECD) szerint a század közepéig a víz iránti igény 55%-kal növekszik a 2015-ös szinthez képest, főként a gyáripár, a hőenergia-termelés valamint a háztartások részéről jelentkező igények következtében.



1. ábra Szennyvíztisztító telep Kumasi Ghána

– Csapadékvíz-kezelés, hasznosítás

- Állótartály a mezőgazdasági öntözővíz-szükségletek biztosítására
 - Víz tározással kapcsolatos legújabb termékünk egy földfelszín feletti tartály, melynek beépítése nem igényel jelentős földmunkát. A helyi igényekhez igazodó tározó berendezés azért újdonság, mert eddig csak föld alatti és fekvő tartályok szerepeltek a kínálatunkban, ez az első olyan tartály típusunk, amely álló és föld feletti kivitelű.
 - A terméket általában mezőgazdasági, kertészeti, akvakultúrákban és az iparban használják.
 - Fenntartható megoldás a csapadékvízből való öntözéshez
 -



2. ábra Állótartály

– ÜPE csövek

- üvegszálaspolyetilén csövek, mint víztároló vezeték, tartályok, víztáviteli és elosztó vezeték csőanyaga
- A csővezeték üvegszálaspolyetilén megerősítése rendkívül erőssé teszi a terméket,

legyen szó akár a nagynyomású közeg által keltett, vagy külső terhelésről, akár hosszirányú teherbírásról. A nagy teherbírás egyúttal hosszú élettartamot, hatékony működést, valamint alacsony üzemeltetési és karbantartási költséget eredményez.



3. ábra ÜPE csövek

– Csapadékvíz tározás, tűzivíz rendszerek acéltartályokból

- spirál korcolt, körszelvényű tűzihorganyzott acél csövekből készített tározók 800-2900 mm átmérő tartományban
- csapadékvíz és tűzivíz, záporok vizeinek mennyiségi és minőségi kezelésére



4. ábra Acéltartály telepítés

[Kisfilm a Pureco acéltartály telepítésről](#)



MEGALAKULT A MASZESZ MENTOR EGYESÜLET

VÍZRE TESSZÜK A JÖVŐT – SEGÍTS TE IS!



Kihasználva azt a jogszabályi előírást, miszerint magánszemélyek nem lehetnek szövetségi tagok, a Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség Junior

Tagozata és magánszemély tagjai országos egyesületté szerveződve **megalakították a MASZESZ Mentor Egyesületet. Mostantól magánszemélyként az egyesületbe való jelentkezéssel lehet csatlakozni a MASZESZ szervezetéhez. A tagság ingyenes, de regisztrációhoz kötött.** Korhatár nincs: a legkisebbektől a senior korosztályig bárki jelentkezhet.

Várjuk tagjaink közé mindazokat a magánszemélyeket, akik

- érdeklődnek a vizes szakterület iránt, és szívesen értesülnének programjainkról, ösztöndíj lehetőségeinkről,
- önkéntes munkájukkal támogatnák a szervezet és a fiatalok szakmai fejlődését,

Az egyesületi célunk az, hogy

- az általános iskolában megtanítsuk a fiataloknak a víz megbecsülését,
- a középiskolában megismertessük a tanulókkal a vizes szektort,

- az egyetemen megszerettessük a hallgatókkal a vizes szakmát,
- a 35 év alatti szakembereket megtartsuk a vizes szektorban,
- MASZESZ CAMPUS segítségével kapcsolatot teremtsünk az egyetemi hallgatók és a cégek között. Célunk, a felsőoktatásban tanuló tehetséges fiatal mérnök hallgatók anyagi és szakmai támogatása, annak érdekében, hogy Magyarországon biztosítva legyen a szakmai előmenetelük, az anyagi háttér, már az egyetemi vagy a főiskolai évektől. Segíteni kívánunk a tehetséges fiatal, magyar mérnököknek a megfelelő szakmai tapasztalatok megszerzésében, és ehhez kapcsolódóan a MASZESZ CAMPUS-on keresztül pályázatással anyagi támogatás nyújtásával.

A Junior Tagozat Facebook oldala átalakult a Mentor Egyesület kommunikációs felületévé (Facebook), amit követve értesülhettek a legújabb híreinkről, eseményeinkről. Emellett külön csoport szolgál az informális üzenetek megosztására, amiben Rátok is számítunk. A zárt csoport elérhetősége:

<https://www.facebook.com/groups/564094817323732>

A csoportban megoszthatok egymással érdekes vizes témákhoz kapcsolódó híreket,

üzeneteket, stb. A csoportba fiatal és szenior kollégákat egyaránt várunk!

Az egyesülethez való csatlakozásról információkat az alábbi honlapon találtok:

Megalakult a MASZESZ Mentor Egyesület - MASZESZ.

KI JELENTKEZHET?

Bármely természetes személy (diák, aktív, nyugdíjas), aki csatlakozási szándékát kinyilvánítja.

MILYEN KÖTELEZETTSÉGGEL JÁR EZ?

Az egyesület tagdíj nélkül működik, a MaSzeSz és mentoráló szervezetek támogatásával. A tagságot évente, adatfrissítéssel kell megerősíteni.

MIRE SZÁMÍTHATOK, MIT AD NEKEM AZ EGYESÜLET?

Egy elhivatott szakmai körhöz tartozás lehetőségét. A szakmát, a vizet különböző szinteken megismertető, megszerettető programokon való részvételt. Az egyesület mentor programja izgalmas kapcsolatokat, kutatásokban való részvételt és ösztöndíjat kínál.

HOGYAN TUDOM KIHASZNÁLNI LEGJOBBAN A LEHETŐSÉGET?

Az egyesületet a MaSzeSz támogatja, a programokat az egyesület szervezi. A személyes fejlődés, a kapcsolatok, a programok formálása azoknak jut, akik szerepet, tisztséget vállalnak az egyesület életében.

HOGYAN TUDOK BELÉPNI?

Amennyiben Ön a MASZESZ Mentor Egyesületet tagja kíván lenni, kérjük jelezze belépési szándékát a mellékelt jelentkezési lap kitöltésével: <https://tinyurl.com/2f8ymzv6>

HOGYAN TUDOK KAPCSOLATBA LÉPNI az Egyesülettel?

Keress minket a facebook oldalunkon és e-mailben a mentoregyesulet@maszesz.hu címen.

Várunk mindenkit szeretettel!

Üdvözlettel,

Varga Laura

MASZESZ Mentor Egyesület elnök





KSB know-how kiadványok

A KSB know-how kiadványai szivattyú- és szerelvénytechnikához kapcsolódó műszaki tudásanyagok, melyek célja, hogy útmutatást nyújtsanak a szivattyúrendszerek tervezéséhez és üzemeltetéséhez. A bennük rejlő információk nem csak a KSB termékek alkalmazásához adnak értékes támogatást, az esettanulmányok, számítási példák, fontos tudnivalók minden témában érintett szakember, illetve egyetemi hallgatók számára is egyaránt hasznos. A tudásanyagok angol, illetve német nyelven érhetők el. www.ksb.com/hu-hu/know-how-tudasanyagok



Témakörök

- Tervezési segédlet búvárszivattyúkhöz
- Tervezési segédlet csóakna szivattyúkhöz
- Tervezési segédlet búvárkeverőkhöz
- Tervezési segédlet csőházas szivattyúkhöz
- Nyomáslökés
- Talajvíz kitermelés



A KSB Csoport

A KSB Csoport közel 2,4 milliárd eurós forgalmával a szivattyúkat, szerelvényeket és a hozzájuk tartozó rendszereket kínáló vállalkozások között vezető helyet foglal el. A magas színvonalú szervizszolgáltatásokról és a kiváló termékminőségről világszerte több mint 15.000 munkatárs gondoskodik. A vállalat sikerének alapja az innovatív technológia, mely világszerte végzett kutatás-fejlesztési munkáján alapul. A KSB nemcsak ügyfelei és alkalmazottai, hanem társadalmi kérdések iránt is elkötelezett.



**H₂O HUNGARY
TOGETHER**
WATER SOLUTIONS
WATER TREATMENT FROM HUNGARY

VTK INNOSYSTEM KFT.

titkarsag@vtkinnosystem.com
www.vtkinnosystem.com



PLANET2023

„A” PAVILON 2.B

A HWP NEMZETKÖZI ESEMÉNYEI - 2023 JÚNIUS-AUGUSZTUS



A Hungarian Water Partnership (HWP) a vízipar különböző területein működő, magyar tulajdonú vállalatok hálózata, amelyeket a külpiazi sikerek közös célja vezérel.

A klaszterként működő platform tagjai átfogó megoldásokat kínálnak a vízzel kapcsolatos problémákra itthon és világszerte. A HWP tevékenységének elsődleges célja a tagvállalatok nemzetközi versenyképességének és teljesítőképességének erősítése. Ennek érdekében egyrészt széleskörű exporttámogatási feladatokat lát el, másrészt fejleszti a magyar vízipari ágazat arculatát. A tagságot 22 exportorientált vállalat alkotja, és a Hungarian Water Partnership Nonprofit Kft. működteti.

GHÁNAI VENDÉGEK

Tagvállalatunk, a Pureco Kft. Educational Partnership Programja keretében, június 4-12. között Magyarországra látogatott egy diákoknak szóló, ghánai higiéniai személetformálási kampány központi alakja („Sanitation Diplomát”). A 13 éves kislányt, O. G. Maame Akua-t elkísérte édesanyja, aki oktatási szakember, a Pureco

helyi partnervállalata által alapított, gyermekek higiéniai személetformálásával foglalkozó alapítvány programfelelőse és egy fenntarthatósági aktivista. A küldöttség házigazdája a Pureco Kft. volt. Egyhetes programjuk szervezésébe a HWP is bekapcsolódott: megbeszélést szerveztünk számukra a két, fenntarthatósági személetformálással foglalkozó stratégiai partnerünk, a Fenntartható Közösségek Központja és a PontVelem Np. Kft. vezetőivel, valamint budapesti városnézésre invitáltuk őket. Szerepválalásunkkal hozzá kívántunk járulni a fenntartható vízgazdálkodással kapcsolatos, kétoldalú tudástranszfer megalapozásához.

Az MTVA „Kék Bolygó” című környezet- és klímavédelmi magazin július 3-ai adásában beszámolt O. G. Maame Akua magyar diákokkal lezajlott találkozásáról. A rövid tudósítás a műsor első bejátszása, érdemes megnézni!



Ghánai delegáció, Pureco munkatársai és Czippán Katalin a Kék Bolygó Alapítvány nemzetközi tanácsadója a Gyermek Házában Budapesten

GERMAN WATER PARTNERSHIP

A HWP számára inspirációt jelent a GWP. A tavalyi IFAT-on a szervezet standján konzultáltunk a képviselőikkel. Az ott tapasztaltakat sokat segítettek minket a HWP építésében. Ehhez szolgált további „munícióval” a két szervezet vezetőinek július 17-ei, online megbeszélése.

A German Water Partnership-tet Gunda Röstel igazgatótanácsi elnök és Boris Greifeneder ügyvezető igazgató képviselte. A HWP részéről Dr. Kovács Károly elnök, Horváth Bálint főtitkár, Horváth Zoltán ügyvezető és Puskás Angelika back office manager vett részt. Szervezetünk hazai szakmai stratégiai partnere, a MASZESZ képviseletében Rózsa Bálint főtitkár csatlakozott az online megbeszéléshez. A konzultáció eredményeképpen megállapodás született arról, hogy a HWP és a GWP egy MoU aláírásával alapozza meg a közös munkát. Sikerült meghatározni az első feladatokat is.

EGY TAGUNK KIEMELT EXPORTŐR PARTNER LETT

A Pureco-Tradeland Kft. exportpiaci teljesítményének fejlődő tendenciája, valamint a magyar exportgazdaságban betöltött fontos szerepe miatt felvételt nyert a Kiemelt Exportőri Partnerség Programba. Az erről szóló megállapodást július 4-én írta alá Horváth Bálint ügyvezető Szijjártó Péter külgazdasági és külügyminiszterrel.

Külpiaci értesülések a külgazdasági attaséktól Puskás Angelika július 6-án részt vett az éves KGA-értekezlet keretében hagyományosan szervezett B2G találkozón, amelyek során

megbeszéléseket folytatott a kolozsvári, a bukaresti, az algíri, a hanoi, a havannai, a bogotái, valamint a brazíliavárosi külgazdasági attaséval.

ÜZBEGISZTÁNI VÍZIPARI SZÜKSÉGLETEK

A HWP részvételével július 27-én lezajlott Magyar-Üzbég Üzleti Fórum legfőbb üzenete az volt, hogy a kétoldalú gazdasági kapcsolatok kedvező irányba fejlődnek. Egyre több feltétel adott a sikeres üzletkötéshez (pénzügyi háttér, ipari park, légi összeköttetés stb.). A B2B során egy dohányipari és egy textilipari tárgyalópartner egymástól függetlenül komoly víztisztítási és szennyvízkezelési igényeket jelzett mind a növénytermesztés, mind az ipari termelés kapcsán. Tájékoztatást kaptunk továbbá települési infrastruktúrafejlesztési lehetőségekről is. Az igényekre épülő üzleti lehetőségek kidolgozása elkezdődött.

TAGVÁLLALATUNK AFRIKAI SIKERE

Mostantól három, magyar technológiával épített szennyvíztisztító gondoskodik többmillió ghánai lakos egészségesebb környezetéről egyik tagvállalatunk, a Pureco Kft., valamint a Unit Kft. által alkotott konzorciumnak köszönhetően.



A megépült szennyvíztisztító telep drónképe, Takoradi, Ghána



Tamale szennyvíztisztító telep átadás

OTT VOLTUNK VIETNÁMBAN: EWEC DANANG

Augusztus 3-8. között képviseltük magunkat a "The East-West economic corridor international trade, tourism, and investment fair Danang 2023" expón. Alapító tagvállalatunk, a Tradeland Kft. helyi irodájának munkatársai egyrészt komoly segítséget nyújtottak az előkészítés során, másrészt ők képviselték szervezetünket a HWP-standon, sőt, vietnámira lefordították a brosránkat is. A hanoi magyar nagykövetség pedig azzal támogatta megjelenésünket, hogy két kiállítóhelyéből egyet térítésmentesen a rendelkezésünkre bocsátott.



NEMZETKÖZI KITEKINTÉS

1. Szennyvíztisztítás növényekkel: az úszó növények jobban eltávolítják a tápanyagokat és csökkentik az üvegházhatást okozó gázok kibocsátását, mint a víz alatti növények

Polishing wastewater effluent using plants: floating plants perform better than submerged plants in both nutrient removal and reduction of greenhouse gas emission

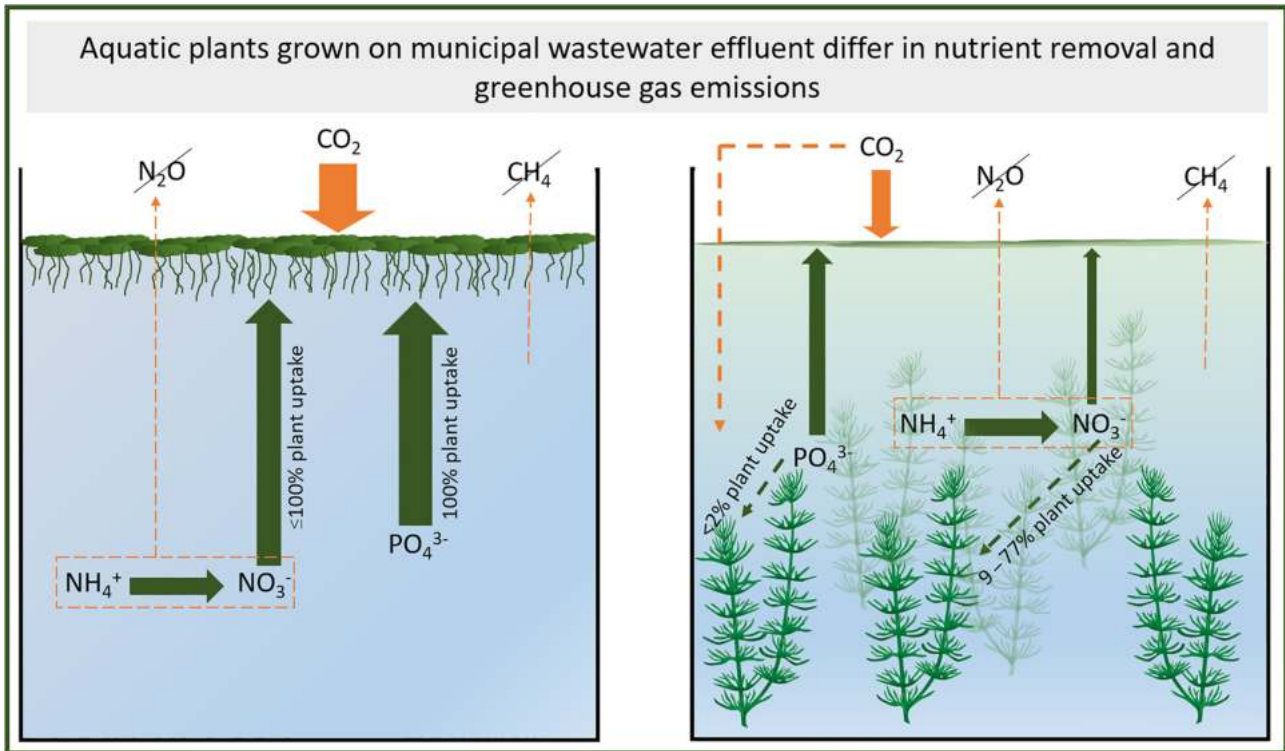
Lisanne Hendriks, Alfons J. P. Smolders, Thom van den Brink, Leon P. M. Lamers, Annelies J. Veraart

Míg a vízínövények vizes élőhelyeken történő felhasználásával kapcsolatos kutatások száma bőséges, a növények hidrokultúrás ökológiai szennyvíztisztításban történő felhasználásáról, valamint az üvegházhatású gázok (ÜHG) kibocsátására gyakorolt egyidejű hatásáról keveset tudunk. Ebben a tanulmányban az úszó és víz alatti növények hatékonyságát vizsgáljuk a szennyvízből származó tápanyagok eltávolításában és az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentésében. Két úszó növényfajt, az *Azolla filiculoides* és a *Lemna minor*, valamint két víz alatti növényfajt - a *Ceratophyllum demersum* és a *Callitriche platycarpa* - neveltünk egy adag háztartási szennyvízben, szilárd szubsztrátum nélkül. Ezekben a rendszerekben 2 héten keresztül figyeltük a nitrogén- és foszforeltávolítást, valamint a CO₂-, CH₄- és N₂O-áramlást. Általában az úszó növények termelték a legtöbb

biomasszát, míg a víz alatti növényeket gyorsan benőtték a fonalas algák. Az úszó növények távolították el a leghatékonyabban a tápanyagokat; mindkét úszó faj a foszfát 100%-át, míg a *Lemna* a szerves nitrogén 97-100%-át távolította el, szemben a víz alatti növények 81-88%-os eltávolításával az algás kezelések esetében. Ezenkívül az úszó növényekkel borított akváriumok nagyjából háromszor nagyobb üvegházhatású gázfelvételt mutattak, mint a víz alatti növényekkel vagy a növények nélküli kontrollok. Így a szennyvíz úszó növényekkel történő szűrése ígéretes útja lehet az éghajlati szempontból intelligens szennyvíz szűrésének.

Összefoglalás:

- Az úszó növények gyorsan nagy mennyiségű biomasszát értek el, míg a víz alatti növényeket benőtték az algák.
- Az úszó növények tápanyagfelvétele volt a meghatározó a N- és P-eltávolításban, míg a víz alatti növényekkel végzett kezelés során az algák távolították el a N-t és a P-t.
- A *Lemna* volt a kísérlet során a leghatékonyabb a N és P eltávolításában (akár 100%-os eltávolítás).
- Minden kezelés nettó üvegházhatású gázfelvételt eredményezett. Az N₂O- és CH₄-kibocsátás kis mértékű csúcserkéit a CO₂-felvétel teljes mértékben ellensúlyozta.



1. ábra A települési szennyvízelvezetésen természetett vízinövények különböznek a tápanyag-eltávolítás és az üvegházhatású gázok kibocsátása tekintetében

2. A SZENNYVÍZISZAP ANAEROB LEBONTÁSÁBÓL SZÁRMAZÓ IGÉNY-SZERINTI BIOGÁZTERMELÉS TELJES KÖRŰ MEGVALÓSÍTÁSA

Implementation at the full scale of demand-driven biogas production from anaerobic digestion of sewage sludge

Mauro Lafratta, Rex B. Thorpe, Sabeha K. Ouki, Achame Shana, Mark Willcocks ...

Egy nettó nulla kibocsátású forgatókönyv szerint a biztonságos villamosenergia-elátás olyan megújuló energiatermelőket foglal magában, amelyek szükség esetén rugalmasan növelni tudják termelésüket. Jelenleg, a víziparban a biogázból történő

villamosenergia-termelés a leggyakrabban állandó szinten történik, mivel az anaerob emésztést hagyományosan állandó üzemmódban működtetik. Ez a kutatás eltérő skálákon mutatta be, hogy megvalósítható a szennyvíziszapból történő anaerob emésztésből származó igényvezérelt biogáztermelés. A teljesítményparamétereket nem befolyásolja negatívan a rugalmas adagolási ütemterv, és a stabilitási paraméterek olyan átmeneti egyensúlytalanságokat mutatnak, amelyek nem veszélyeztetik a teljes folyamatot. Ez a tanulmány a 3800 m³ térfogatú, tarós emésztőkben végzett kísérleti megvalósítást mutatja be. Gazdasági és környezeti előnyökkel számolhatunk, azonban a szennyvíziszapból történő rugalmas villamosenergia-termelésben rejlő teljes potenciál kiaknázásához a vízügyi és az energiaágazat műszaki, üzemeltetési - és politikai tényezők között szinergiákat kell kialakítani.

3. A VÍZBŐL ÉS SZENNYVÍZBŐL MEMBRÁNTECHNOLÓGIÁKKAL TÖRTÉNŐ MIKROMŰANYAG-ELTÁVOLÍTÁS ISMERTETÉSE

A review of microplastic removal from water and wastewater by membrane technologies

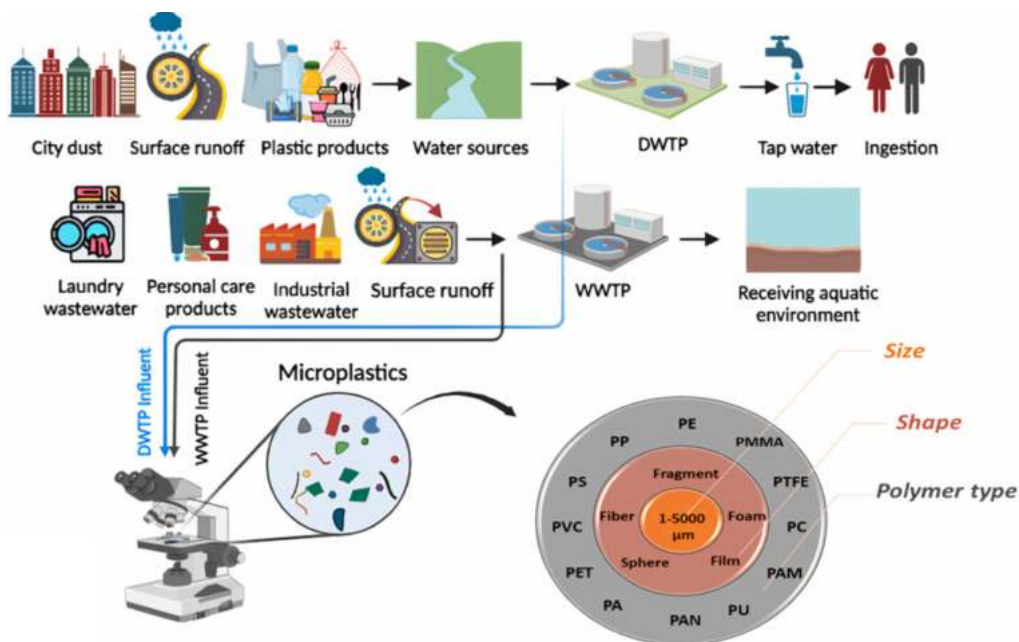
Seren Acarer

A mikroműanyagok nem eltávolíthatók teljes mértékben a vízből, illetve szennyvízből a hagyományos szennyvíztisztító telepeken és ivóvíztisztító telepeken. Szakirodalmi elemzés szerint a membrántechnológiák, a fejlett kezelési technológiák közül, a leghatékonyabbak és legígéretesebbek a vízből és szennyvízből történő mikroműanyagok eltávolításra. Ebben a tanulmányban először is röviden áttekintjük a szennyvíztisztító és vízkezelő telepeken általánosan jelen lévő mikroműanyagok tulajdonságait és a szennyvíztisztító és vízkezelő telepek mikroműanyag-eltávolítási hatékonyságát. Emellett áttekintésre kerülnek a vízből/szennyvízből mikroszűréssel,

ultraszűréssel, nanoszűréssel, fordított ozmózissal és membrán bioreaktorokkal történő mikroműanyag-eltávolítással kapcsolatos kutatási tanulmányok. A következő fejezetben a membránszűrést összehasonlítjuk a vízből/szennyvízből történő mikroműanyag eltávolítására használt egyéb módszerekkel, és megvitatjuk az eltávolítási módszerek előnyeit, illetve hátrányait. Ezen túlmenően a szűrés során a membránok mikroműanyagokkal való elszennyeződésének problémáját, és a polimer membránszerkezetből a vízbe/szennyvízbe történő mikroműanyag-felszabadulás lehetőségét is tárgyaljuk. Végül a szakirodalomban található tanulmányok alapján meghatározásra kerül az mikroműanyagok membrántechnológiákkal történő eltávolításának jelenlegi helyzete és a kutatás hiányosságai, valamint, ajánlásokat teszünk a további vizsgálatokra.

Összeállította: Garai György

Fordítás: Tompos Ágnes



2. ábra A vízvezető telepek (DWTP) és szennyvíztisztító telepek (WWTP) beáramló anyagaiban lévő mikroműanyagok forrásai és tulajdonságai

KÖZÖS ÜGYÜK AZ EXPORT – VERSENGÉS HELYETT ÖSSZEFOGNAK A MAGYAR VÍZIPARI CÉGEK A KÜLPIACOKON



A Hungarian Water Partnership (HWP) a vízipar különböző területein működő, magyar tulajdonú vállalatok hálózata, amelyeket a külpiaci sikerek

közös célja vezérel. A klaszter komplex megoldásokat kínál tagjai kiemelkedő szakértelmének, szakmai tudásának és innovációs képességének ötvözésével a vízzel összefüggő problémákra világszerte.

Horváth Zoltánnal, a Hungarian Water Partnership Nonprofit Kft. ügyvezetőjével beszélgettünk a magyar cégek exportlehetőségeiről, a feltörekvő piacok kihívásairól, valamint a vállalkozói együttműködés fontosságáról.

Az ágazati együttműködések minden formája rendkívül hasznos a gazdaságnak. Mióta létezik ez a társulás és hány tagja van jelenleg? Hogyan működik a gyakorlatban?

A HWP alapvetően egy klaszter, melynek 21 magyar tulajdonú vízipari, illetve az ágazathoz köthető tevékenységet folytató cég

a tagja. A platform 15 éve működik, 2019 óta Hungarian Water Partnership néven. Az együttműködés alapja, hogy tagvállalataink, amelyek itthon akár egymás versenytársai is lehetnek, a HWP-n belül kölcsönösen segítik egymást a külpiacokon. Ennek nyilván a feltörekvő piacok esetében van jelentősége, hiszen egy európai országban, mint például Hollandia, vagy Norvégia, másképp köt az ember üzletet. Olyan távoli térségekben viszont, mint például a szubszaharai Afrika, számos olyan váratlan feladatot, helyzetet kell megoldania az exportálni kívánó cégeknek, amelyek az eltérő fejlettségi szintekből fakadnak. Ilyenkor rendkívül fontos szerephez jut a tagvállalatok együttműködése, információcseréje, amiben a HWP katalizátor szerepet játszik. Együtt tehát erősebbek vagyunk.



Konténeres ivóvíztisztítás Ghánában

Mely térségek számítanak a HWP tagjai számára fontosabb exportcélpontoknak?

A HWP támogatásának főbb irányai a szub-szaharai térség, Észak-Afrika, a Közel-Kelet, Délkelet-Ázsia, valamint a Nyugat-Balkán.



Hidrogeológiai kutatás Tanzániában

Mekkora a verseny a feltörekvő piacokon a vízipar területén?

Éles konkurenciaharc zajlik. Egyértelműen beszélhetünk nemzetközi multikról, valamint olyan francia, német, vagy brit háttérű vállalatokról, akik nagy méretük folytán dominálják a piacot, és otthonosan mozognak az egykori gyarmati területeiken is. Tagjainknak mellettük kell megtalálni a saját piaci résüket. Ebben tud segíteni a HWP azáltal, hogy összegyűjti, feldolgozza és továbbítja a tagvállalatoknak a célpiaci információkat. Ennek érdekében együttműködünk a magyar külképviseletekkel, továbbá szakmai rendezvényeken veszünk részt, sőt, magunk is szervezünk programokat.



Szennyvíztisztító telep Kumasiban (Ghána)

Milyen most a magyar vízipar nemzetközi megítélése?

Építünk a magyar vízipar hagyományos hírnevére, ami annak köszönhető, hogy a hazai vállalatok, mérnökök évtizedeken át aktívak voltak a fejlődő országokban. Most egy újabb felívelő szakaszról beszélhetünk az ágazatban. Cégjeink európai színvonalú szakmai megoldásokat kínálnak a vízzel kapcsolatos, szinte valamennyi típusú problémára. A tudás, a know-how jelenti a legfontosabb magyar hozzáadott értéket a külpiaci projekteknél. A magyar cégek leggyakrabban a tervezést és a technológiai háttérrel biztosítják, valamint azt felügyelik, hogy ez a technológia működni tudjon. Ebben megfigyelhető egy láncolat. A tagok között ugyanis vízi közmű vállalat is megtalálható, amely egy-egy külföldi magyar



Öntözési megvalósíthatósági tanulmány Kenyában

projekt elkészülte után ki tudja képezni a helyi szakembereket, vagy más módon támogatja az üzemeltetést.

Mit mondana, mi a kulcsa a sikeres exporttevékenységnek?

Az export leggyakrabban nem jelent instant sikert. Kitartónak kell lenni. Sok helyre kell ellátogatni, sok konferencián, kiállításon és egyéb rendezvényen kell részt venni, akár olyanon is, ami nem kötődik közvetlenül a víziparhoz. Sok partnerrel kell beszélni, mert nem tudhatjuk, hol találunk egy jó üzleti lehetőséget. Ebben nagymértékben támaszkodunk a hazai és a külföldi stratégiai partnereinkre.



Ivóvízkezelő üzem Vietnám Quang Bing tartományában

Szóba hozta a stratégiai partnereket. Ők hogyan segítik a HWP munkáját?

Nagyon sokat tudnak segíteni. Partnerségeket hoztunk létre és működtetünk úgy itthoni, mint külföldi szervezetekkel. Hazai együttműködő partnereink közül kiemelendő a KKM, a HEPA, a CED, az Exim Bank,

a Nemzeti Vízművek Zrt., valamint a Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség. Fontos megemlíteni továbbá, hogy kiveszünk a részünket az MKIK külgazdasági tevékenységéből is: a HWP elnöke, Dr. Kovács Károly a kamara Magyar-Afrika Tagozatának is elnöke, Forintos Róbert társelnök pedig a Magyar-Vietnámi Üzleti Tanács elnöke. Számos nemzetközi szakmai szervezetben tagságot, sőt, esetenként vezető tisztséget vállaltunk: a European Water Association (EWA), az International Water Association (IWA), az ASEM Water Academic and Scientific Committee, az African Water and Sanitation Association (AfWSA), vagy a Faecal Sludge Management Association (FSMA). Ezen túlmenően a Hungarian Water Partnership kétoldalú partneri kapcsolatokat épít ki nemzeti szakmai szövetségekkel a legfontosabb célpiacain.



Magyar fejlesztésű, talajkondicionáló termék tunéziai és algériai forgalmazási szerződésének aláírása a magyar és a tunéziai külügyminiszter jelenlétében

Mik a terveik a jövőt illetően, hogyan tud tovább fejlődni a HWP?

A taglétszám növelése mellett cél az információforrások diverzifikálása. Ennek kapcsán fontos megemlíteni, hogy részt vettünk a 2023. március 22-24. között New Yorkban megrendezett UN 2023 Water Conference-n, ahol élő panelbeszélgetést szerveztünk (amely a konferencia egyetlen magyar, nem kormányzati kísérőrendezvénye volt). Az itt megismert, új szakmai partnerek hozzájárulnak külföldi kapcsolatrendszerünk bővüléséhez. Továbbá elindítottuk klaszterünk hazai akkreditációját, a partnerség nemzetközi kapcsolatrendszerének továbbfejlesztéséhez. Folytatjuk a munkát a NKFI Körforgásos Gazdaság Technológiai Platformján belül is (KGTP). Végül, de nem utolsósorban, fontos feladatunknak tekintjük

itthon és külföldön az ENSZ SDG 6-tal („tiszta víz, alapvető köztisztaság”) kapcsolatos, fenntarthatósági szemléletformálást. Ezzel összefüggésben büszkék vagyunk arra, hogy a HWP idén átvehette a PontVelem Nonprofit Kft. által évente lebonyolított, iskolásoknak szóló Fenntarthatósági Témahét legaktívabb szakmai partnerének járó díjat.



Magyar fejlesztésű szemléletformáló társasjáték: Pipe It Up Ghana!



„LEG”-EK A VÍZÉPÍTÉS VILÁGÁBAN

III. RÉSZ

DR. JUHÁSZ ENDRE



A VILÁG LEGNAGYOBB VÍZESÉSEI

bár nem tartoznak a kifejezetten emberi kéz által létrehozott építmények közé, de monumentalitásukkal igen is hozzátartoznak a leglátványosabb természet által létrehozott víz világához.

A **Niagara** vízesés a kategóriájában nem a legnagyobb és nem a legbövizűbb, mégis a **leglátogatottabb** (évente 12 millió turista), legtöbbit fényképezett turista célpont, amit a civilizációs társadalom mérhetetlen energia igénye a benne rejlő erőt különösebb természetrombolás nélkül a maga javára fordította. Nevezetesen a nappali természeti csodát, a vízben rejlő megújuló mozgás energiát éjjel

a társadalom számára villamosenergia formájában is hasznosítja.



1. ábra A Niagara „PATKÓ- ZUHATAG” vízesése szivárvánnyal

A vízesés két fő részből áll, melyeket a „Kecske-sziget” választ el. A nagyobbik, látványosabb „Patkó-zuhatag” a határ kanadai oldalán 790 m. hosszon félkör alakban alakult ki és a Niagara folyó által szállja a napi átlagban 1850 m³/sec, csúcs időben 2400 m³ /sec mennyiségű 51 métert zuhanó vizet. A természeti csoda szépségét a szivárvány látványa tovább fokozza.



2. ábra Az USA-oldali Niagara vízesés

A kisebbik az ún. Amerikai-zuhatag a Kanadát az USA-val összekötő híd mellett az amerikai oldalon 320 m. hosszban helyezkedik el.

Szintén az amerikai oldalon található még a kisebb Menyasszonyi fátyolra hasonlítható zuhatag, melyet a Luna-sziget különít el. A képekkel illusztrált cikk részlet nem helyettesíti az „ezt látni kell” látványosságot. A befagyott Niagara épp oly térélmény, mint az elterelt víz által évszázadok során erodált kopasz fal.



3. ábra A befagyott vízesés



4. ábra Az erodált fal a vízesés alatt

A nap által mozgásban tartott folyók energiájának villanyárammá történő átalakítása technikailag fejlett országokban a legnagyobb turista látványosság mellett is elmaradhatatlan. A zseniális Nicola Tesla horvát tudós által kezdeményezett Niagara erőmű teljesítményében messze elmarad az e cikkben korábban tárgyalt óriásoktól, ám több mint száz éve létesült és többször bővített berendezés az 1997 évben befejezett utolsó átépítés óta a



5. ábra A Niagara Vízerőmű képe

Kanadai oldalon összesen 2000 MW teljesítménnyel szolgálja a helyi infrastruktúra, az éjszakai csodálatos fényjátékok által okozott csábító szépséget.

Mint e cikk szerzője büszke vagyok, hogy részese lehettem ennek a természeti csoda látványának. Igazolással ime a képek.



6. ábra Juhászék a Niagaránál

Angel vízesés

Míg a Niagara vízesés a földkerekség leglátványosabb és leglátogatottabb vízesése, addig az Angel a maga megközelíthetlenségével a világ legmagasabbja rangot viseli. Közép-Amerika Venezuela keleti részében lévő Bolívar államban – a GURI vízerőművel egy országrészben a Canaima nemzeti parkban található.



7. ábra Az Angel vízesés drón felvétele

A vízesés az Auyán-Tepui nevű magaslatról az Őrdög-szurdokba zuhan le. Teljes magassága 979 méter. Az áradat felső része 807 méter után egy szikla pereméig bukik, majd onnét még 172 métert zuhan a hegylábig. Megközelítése között hiányában szinte lehetetlen. Repülővel, helikopterrel megközelítve sikerült már korábban is fényképfelvételeket készíteni. A modern világban új eszköz, drón segítségével Jermain Odremán nevű természetfilmesnek köszönhetően már egy új perspektívából, egy „drónvideón” is megcsodálható ez a páratlan látványt.

A Viktória-vízesés

Dél-Afrikában Zambia és Zimbabwe határán található. Az 1 708 m hosszú, 61-108 métermagastermészeti jelenség a legszélesebb vízesés a világon. Ez harmadik leglátogatottabb vízesése a Niagara és a brazillguazu után. A vízesést a Zambézi táplálja, amely Afrika déli részének legnagyobb folyama. 2736 kilométeres hosszával a Föld folyói közt a 39., Afrikában a Nílus, a Kongó és a Niger után a negyedik leghosszabb. Vízugyűjtő területe 1,33 millió négyzetkilométer, átlagos vízmennyisége

a vízesésnél 1400 m^3 másodpercenként, de esős évszakban eléri a 5000 m^3 -t



8. ábra A Viktória vízesés képe

A Viktória-vízesés átfolyt vízmennyiség tekintetében a világon a tizennegyedik helyet foglalja el. Elterjedt annak híre, hogy a Viktória vízesés, mely a víz világ egyik legszebb természeti látványossága, kiszárad. A nemzetközi sajtó nagyhangon kommentálta a klíma viszonyok okozta lehangoló természeti eseményt.



9. ábra A vízesés üres medre

Számos fénykép és magyarázat jelent meg, míg sem a helyi szakértők megmagyarázták, hogy a vízgyűjtőn időszakosan a szokásosnál

kevesebb csapék hullott, így természetes jelenség.

A nagydobra verés egyszerűen „klíma hiszti”! A képen látható száraz sziklafal két-három év után újra eredeti szépségében pompázik.



10. ábra A pompázatos Viktória a száraz évszak után

A vizet az ember sok helyen és sokféle módon céljához, akaratához alakíthatja, ám nagy igazság és tanulság:

....azért a víz az Úr!

ÉPÍTÉSI „LEGEK” A VÍZ ALATT...

A II. Világháború után felélénkült mind az ipari, mind a mezőgazdasági termékek földrészek közötti fokozódó áru cseréje, melyet elsősorban a tengeri hajózás egyre nagyobb méretű hajói bonyolítanak le. A század második felében a gyors pneumatikus kerekű járművekre terelődött át a földrészeken belüli áruszállítás súlypontja, mely maga után vonta a minőségi burkolattal ellátott autópályák gyorsított iramúépítését, melyhez hozzájárult az autós, autóbuzos idegenforgalom időt csökkentő és kényelmes iparaggá történő fejlődése is.

Az akár áru-, akár személyforgalom „ház-tól-házig” célállomás gyorsabb elérését azonban sok esetben a tenger szeszélyei miatt is a lassúbb komppal való átkelés gátolta. Napjainkban sem ritka hír - nem csak a személyszállítás területén- a komp baleset. Az időnyerés a felgyorsult világunk valamilyeni területén fontos tényezővé vált, amit akár a vasúti akár a közutakon közlekedő járművek egyre nagyobb sebességgel történő száguldása is jellemez.

Idő nyerés szempontjából a legkézenfekvőbb lehetőség a légi közlekedés, ám a jelentős infrastruktúra igény, a légköri viszonyok alakulása és anagy tömegű áruforgalom korlátozott volta miatt ez az út egyértelműen a személyforgalom területén hódított tért.

A különböző terepadottságok, tenger szorosok, folyók, egyéb kereszteződések a közlekedésben mind-mind idővesztéssel járnak, ezért az utóbbi 25-30 évben a forgalom terelés főleg a teherszállítás vonatkozásában az alagutak építésével a föld- ill. a víz alá terelődött.

Az alagút nem más, mint „híd a víz alatt”!

Elsősorban a nagyobb belföldi és nemzetközi forgalmat bonyolító gazdagabb országok ismerték fel ennek jelentőségét és fordultak e lehetőség kihasználása felé.

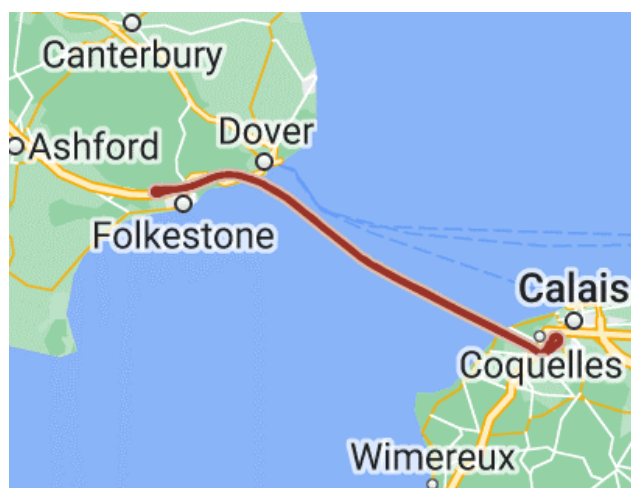
A CSALAGÚT

egy olyan „híd a víz alatt”, mely híd 1994 óta köti össze korábban évszázadokon keresztül egymással rivalizáló két országot, azaz Franciaországot és Angliát.

A Csalagút a japán Honsú és Hokkaidó szigetét összekötő Szeikan-alagút után a világ

második leghosszabb vasúti alagútja, de a tenger alatti szakaszt tekintve a legelső.

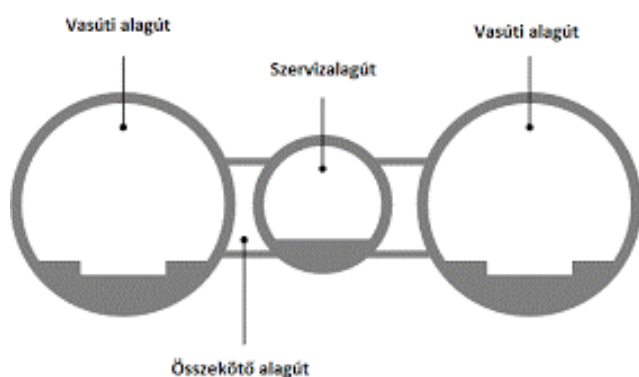
Maga az alagút valójában egy 50,5 km hosszúvasúti alagút rendszere La Manche csatorna alatt, amelynek kiinduló pontja a francia Calaitól nem messze lévő Coquelles város, míg végpontja pedig a Dover közeli Folkestone. Az átjárót a forgalom és a biztonság érdekében iker elrendezéssel tervezték, mely nem azért lett két cső, mert a szembe fúrások nem találkoztak...(értsd korábbi anekdótát..)



11. ábra Az alagút a La Manche alatt

Területi megoszlás szerint az 50,5 km. hosszából 22 km. az angol, 16 km. pedig a francia felségterületen belül épült, a maradék 18,5 km. a La Manche csatorna „senki földje” alá került. A teljes hosszából átlag 40 m. mélységben összesen 37,9 kilométer halad a tengerszint alatt.

A valóságban három egymással szemben indítottösszesen 151,5 km.(3 x 50,5) alagutat fúrtak, melyek közül kettő a ténylegesen a 7,6 m. átmérőjű „vonatalagút”, míg a harmadik egy 4,8 m. átmérőjűbiztonsági, karbantartási un szerviz alagút.



12. ábra Az alagút sémája

Kiegészítésül a 120 km/óra sebességgel száguldó vonatok előtt torlódó levegő elvezetésére a két szállító egységet 250 méterenként két méter átmérőjű, 21 méter hosszú szellőzőalagúttal kötötték össze. A vonalalagutakat továbbá 375 méterenként 10 méter hosszú 3,3 méter belső átmérőjű átjárók, ún. menekülőfolyosók kötik össze a szervizalagúttal. Ezekben az átjárókban kaptak helyet az elektromos- és szerviz kapcsoló helységek és egyéb kiszolgálók.

A nagyobb „alagúti” műtárgyak közül kiemelten fontos a két, tenger alatti, 164 méter hosszú, 21,2 méter széles és 18 méter magas keresztű műtárgy, mely a vonatok egyik alagútból a másikba való átterelhetőségét biztosítja.

Az angol alagútszakaszon két hatalmas szivattyúállomás is épült az alagútba beszivárgó vizek eltávolítására. Az angliai Folkestone melletti Cheritonban, illetve a francia oldalon a Calais melletti Coquelles-ban épült vasúti terminálakon rámpákkal bonyolítják le a járművek fel- és lehajtását a komponvatonokra. (forrás: internet).

Az Eurotunnel cég által üzemeltetett átkelés árai ugyan magasabbak a kompátkelés árainál, ám az egyenként 775 m. hosszú utasokat, autókat, kamionokat befogadó ingázó szerelvények a ~ 80 perc helyett alig fele idő alatt (37 perc) röpitik át az igénybevevőket. (Az időt

és a biztonságosabb átkelést meg kell fizetni!). A vonatoknak van menetrend szerinti indulási ideje, felgyülemllett teherszállítás esetén csúcs időben a vonatok 15 percenként indulnak, be-vagonírozás „szIntbeli” rámpáról történik, a járművek rögzítése után a vagonokat lezárják.



13. ábra Az alagút francia oldali bejárata



14. ábra Az autók bevagonírozása



15. ábra Az angliai Cheritoni 3-as sz. gk. le-járó és a terminál látképe

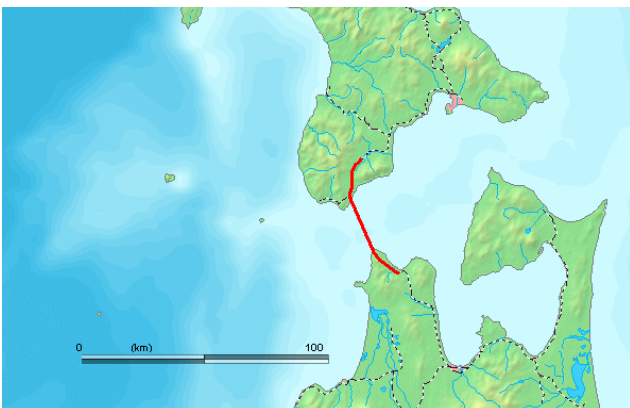


16. ábra Az angliai Cheriton 3-as sz. gk. lejáró és a terminál látképe

Alapvető államközi megállapodás, hogy a két ország közötti esetleges bármilyen konfliktus esetén az alagút "épségét" mind két fél biztonsággal megőrzi!

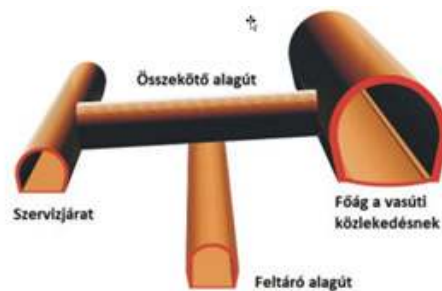
A SZEIKAN-ALAGÚT.

Ahogy a holland „Delta” gát építését – mint korábbi cikkben olvashattuk - egy Atlantióceáni óriás vihar kényszerítette ki, úgy Japánban a kormányzat tájfun okozta vasúti katasztrófák sorában – 1430 életet követelve – öt vasúti komp süllyedt el, ami azt váltotta ki, hogy időjárástól független biztonságos alagúttal oldja meg a Vlagyivosztkkal közel egy magasságban található Honsú- és Hokkaidó szigetek közötti – rövid idő alatt kétszeresére megnövekedett -vasúti személy és teherforgalmat.



17. ábra Alagút a Japán szigetek között

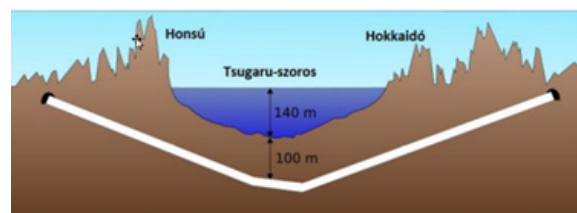
A Japán Vasútépítő Vállalat által kifejezetten vasúti közlekedés céljára épített iker vágány-salagút, összes hossza 53,85 km, szélessége 7,9 m. magassága 9,7 m. Ez a világ olyan leghosszabb alagútja, mely 23 km. hosszon vízalatt épült és a kedvezőtlen talajrétegződés miatt a legmélyebb szakasza a vízszint alatt 240 méter, a meder fenékszintje alatt pedig 100 méter mélyen húzódik. A kedvezőtlen altalaj pontosabb feltárásához külön kisebb méretű alagutakat voltak kénytelenek indítani, továbbá biztonsági okok miatt egy ún. szerviz alagutakat is fúrtak, melyet biztonsági okokból és szellőztetés céljából összekötő átjárókkal kapcsolnak a főághoz.



18. ábra A Szeikan alagút vonalainak vázlata

Az építési szempontból igen kemény munkával létrehozott (vízbetörések, robbantás, fedőréteg megerősítés stb.) alagutakat 1988-ban adták át a forgalomnak.

Az alagúttal a Tókió és Sapporó közötti négy órási, - komppal közbeiktatott- út a fel időre csökkent. Az 1435 mm vágány fesztávval közlekedő Sinkanszen vonatok sebessége az alagútban 160 km/h, azonban további



19. ábra Az alagút mélyvezetése

néhány perces időnyerése céljából 210 km/h-ra felemelték. Az alagútban személyszállító vonatok tartózkodási ideje mindössze ~50'. A tehervonatok sebessége azonban 110 km/h-ra limitált. Itt is nagy úr az időnyerés.



20. ábra Az alagút déli kijárata

A NÉMET-DÁN FEHMARNBELT „KOMBINÁLT” ALAGÚT

2020 -ban elkezdődött a speciális építési technológiával tervezett Németországi Fehmarn és a dán Lolland sziget közötti, kétpályás villamosított vasutat és kétszer kétsávos autótutat magába foglaló Fehmarnbelt névre keresztel alagút építése.



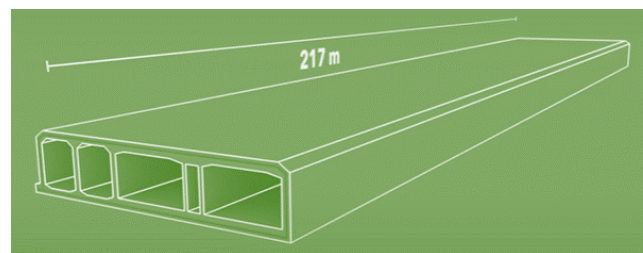
21. ábra Az alagút helyszíne

A Puttgarden- és a dán Lolland szigeti Rødbyhavn települések közötti 18 km. hosszú Balti tengerben épülő alagút Európa jelenlegi egyik legnagyobb vállalkozása.

Ez lesz a világleghosszabb kombinált közúti és vasúti alagútja. A hosszú pálya összesen hat forgalmi sávot tartalmaz, mely kibővül egy további autótút szélességű szervíz vonalal is, így a tunel természetesen nem csupán hosszával, hanem a szélességével is kiérdemli a „leg” címet.

Jelenleg 45 percet vesz igénybe a két ország közötti tengerszoroson való átjutás komppal, de ha az alagút elkészül, vonattal mindössze 7', autóval pedig 10 perc alatt a másik országban lehetnek az utasok.

Egyedülállóként kell kezelni magát az építési technológiát, mivel nem a fenékszint alatti ún. „fúrásos” eljárással, hanem a tengerfenékre helyezett előregyártott elemeknek víz alatti összeszerelésével valósítják a teljes hosszat.



22. ábra. Az előregyártott elem vázlatos képe

Az acélbeton elemek a tervek szerint egyenként 217 m hosszúak, 42 m. szélesek, 9 m. magasak, és darabonként 73 000 tonna súlyt nyomnak.

Az összesen 89 db. óriás elem számára a part mentén külön hat gyártósorból álló előregyártó telepet építenek, ahonnan azokat uszályokkal, darukkal fogják a helyükre vontatni, majd a tengerfenéken kialakított talapzatra

lesüllyeszteni, ezt követően pedig az elemeket 40 méterrel a vízszint alatt összeszerelni.



23. ábra. Az elemeket gyártó üzem látképe

Az építési technológiáról nincs részletes közlemény, azonban a 15 milliméteres „tűréssel” tervezett gigantikus elemek illesztése, azok 4 atmoszféra külső víznyomás melletti tömítése, a 120-140 km sebességgel száguldó villamosvontatású szerelvények dinamikus hatásainak kiegyenlítése, stb... a hazai „vázépítő-betonos” mérnökök érdeklődését minden bizonnyal felkelti.



24. ábra Az elemek beúsztatása

Az elemek gyártására és helyére illesztésére, mint egy hároméves időszakot terveztek, a szerelésre és a „berendezésekre” további 6 évet ütemeztek.

Az átadást és a forgalomba helyezést időpontját 2029 évre irányozták elő.

A kerekítve 2 500 embert foglalkoztató gigantikus építés finanszírozását zömében a GDP

szempontjából az EU rangsorba 6. helyen álló Dánia állja. A maguk részéről az alagutat Németországon keresztül Európa kapujának tekintik a skandináv államok felé mind közúti, mind vasúti közlekedés tekintetében, mivel szintén csodálatosmérnöki alkotásként elfogadott „híd-alagút” kombinációjú kapcsolat köti össze Dániát Svédországgal.



25. ábra. A tervezett 6 sáv már meglévő rávezető szakasza

Az alagút építése valójában a tengerfenék miliójébe, élővilágába történő hátrányos beavatkozás, mely ellen a környezetvédők erőteljesen felemelték szavukat. Ennek ellenére az érintett döntéshozók a fenntartható jövő érdekeinek szempontjai közül a jelentős gazdasági ráfordítás mellett is a civilizációs fejlődést helyezték előtérbe.

Minden bizonnyal a felszólalók is boldogan fogják e vízépítési bravúrnak számító alagutat igénybevenni.

Gravitációs szennyvízcsatorna a folyó alatt

Nagyvárosok csak nem mindegyike egyesített rendszerű szennyvízcsatornával rendelkeznek, ahol általános probléma, hogy a záporvíz túlterheli a vezetékeket, amikor is a szennyvízzel kevert vizet „záporkiömlőn” keresztül a befogadóba juttatják. Számos város nagytérű, alagútépítési módszerrel

létesülő mélyvezetésű alagútát épít a vízfolyás (folyó) medre alatt hosszában s ebbe kötik be az egyesítettrendszer összes szennyvizét, majd a távolabb létesített telepen végzik a tisztítást.

A közelmúltban hasonló megoldáshoz volt kénytelen a közel 9 milliós London folyamodni, mivel a szenny és csapadék vizek befogadjául szolgáló Temze már tűrhetetlenül elszennyeződött, bűzös, úszadékos, esztétikailag is meglehetősen leromlott állapotú lett. Maga az Északi tengerbe torkolló Temze folyó, mely Anglia legnagyobb vízfolyása mindössze 350 km. hosszú, a fővárosnál 200-240 m. széles és a ~90 m³/s vízhozam sebessége

lassú 2-3 km/h, ugyan ekkor az árapály-dagály mértéke, mint egy hét méter és az alsó szakaszon jelentősen visszaduzzaszt.

A város több milliárd font beruházással úgy kívánja a Temzét a szennyeződéstől tehermentesíteni, hogy a meder alatt ~8 m² szelvény nagyságú alagutat fúrnak, melyben 28 km. hosszban „vályú jellegű” gravitációs vezeték szállítja el mind a szenny-, mind a felszíni csapadékvizet. A végponton 140 m. mélységből hatalmas szivattyú kapacitással emelik fel és nyomják el a Brenton-i tisztítóműbe a szennyvizet. A tisztított víz befogadója a folyó Északi tengerbe vezető sósvízű torkolati szakasza.



Mit gondolsz? Alagút baleset?!



TUDÁS. TÁMOGATÁS. KÖZÖSSÉG

A Körforgásos Gazdaság Egyetemi Központ képzési palettájában, oktatói-kutatói közösségében olyan kihívások mentén kötelezte el magát, amely számos jelenlegi, a gazdaságot érintő fenntarthatósági probléma megoldására keresi a választ. A körforgásos gazdaság nemcsak arra törekszik, hogy éves szinten csökkentse a hulladéktermelést, az újrahasznosítás alatt nemcsak a szelektív gyűjtést érti, hanem azt a szemléletet jelenti, hogy a vállalatok már a terméktervezésnél tudják, hogy az általuk gyártott terméket a felhasználás után hogyan hasznosítsák újra.

Képzéseink a gazdaságtudományok, informatika, víztudomány területeire épülnek, minden felsőfokú képzési szinten. Újdonságként,

Európában is egyedülálló képzésekként körforgásos szakokra is lehet jelentkezni: a jövőben egyre több ilyen típusú, új szemlélettel rendelkező szakemberre lesz szükség.

Online kiadványunk a PEN-en elérhető képzésekről: https://pen.uni-pannon.hu/wp-content/uploads/2023/08/kiadvany_2022.pdf

Az elérhető képzéseink az alábbi táblázatban találhatóak. A szakokról, tantervekről bővebb információ a honlapunkon (pen.uni-pannon.hu) illetve a felvi.hu oldalán érhető el.

Elérhetőségeink, ahol szívesen segítünk:

pen.uni-pannon.hu,

pr@pen.uni-pannon.hu, tel: 0693 502 911,

[facebook/pannon.nagykanizsa](https://www.facebook.com/pannon.nagykanizsa)

Felsőoktatási szakképzés FOKSZ	Alapképzés BSc. BProf	Mesterképzés MSc	Szakirányú továbbképzés
Turizmus- vendéglátás	Fenntartható és körforgásos turizmus	Körforgásos gazdaság menedzsment	IT vállalati folyamatokat fejlesztő szakember
Kereskedelem és marketing	Kereskedelem és marketing	Körforgásos gazdaság tervező-fejlesztő mérnök	Körforgásos gazdaság szakközgazdász/szakértő
Mérnökinformatikus	Gépészmérnöki		Megújuló energiarendszer-tervező IT specialista
	Turizmus- vendéglátás		Vízügyi rendszertervező IT specialista
	Mérnökinformatikus		Víz- és szennyvízkezelő rendszerüzemeltető szakember/szakmérnök
	Üzemmérnök- informatikus		
	Vízügyi üzemeltetési mérnök		



ÓBUDAI EGYETEM
REJTŐ SÁNDOR KÖNNYŰIPARI
ÉS KÖRNYEZETMÉRNÖKI KAR

Az Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar

„Települési szennyvízgyártóködési szakmérnök” szakirányú továbbképzési szakot indít

2024. szeptemberi kezdéssel.

A képzés besorolása: ISCED 5B

A képzés időtartama: 3 félév, levelező tagozaton, a konzultációkra blended (kontakt és online) formában, péntek-szombati napokon kerül sor, 3 kontakt és 2 online alkalommal.

A képzés részvételi díja: 350.000.-Ft/félév.

A képzésre főiskolai vagy egyetemi, illetve BSc vagy MSc szintű mérnöki végzettséggel lehet jelentkezni.

A képzési célja:

A szakirányú továbbképzés célja a szennyvíz-, és vízgyártóködés szakterületre olyan szakemberek képzése, ill. továbbképzése, akik a korábban megszerzett felsőfokú szakképzettségük és szakismereteik birtokában képesek a szennyvíz-, és vízgyártóködés szakterületén építési, üzemeltetési, szakértői, beruházási, közigazgatási és vállalkozói munkakörökben a legújabb szakmai- tudományos és fejlesztési eredmények követésére és alkalmazására, specialisták a szennyvíz-, és vízgyártóködés területén.

A szakirányú diploma feljogosít:

- Fejlesztési feladatok önálló megoldására,
- Decentralizált, kis szennyvíztisztítók üzemeltetésére,
- Szakreferensi feladatok ellátására önkormányzatoknál, szakhatóságoknál. stb.
- Projekt menedzseri feladatok ellátására.

A szakirányú diploma igazolja a **FIDIC jellegű ismeretek** elsajátítását.

A szakirányú továbbképzésben megszerezhető szakképzettség neve:

Települési szennyvízgyártóködési szakmérnök

A képzés tanterve: <https://rkk.uni-obuda.hu/szakok/telepulesi-szennyvizgyartokodasi-szakmernok/>

Jelentkezési határidő: 2024. május 31.

Jelentkezni lehet írásban postai vagy online úton a következő címen:

Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar, Környezetmérnöki Intézet, 1034. Budapest, Doberdó u. 6., vagy online a jelentkezési lap és kért dokumentumok küldése a következő címre: bodane.rita@rkk.uni-obuda.hu

A jelentkezési lap letölthető: <https://rkk.uni-obuda.hu/szakok/telepulesi-szennyvizgyartokodasi-szakmernok/>

További információ 06-30-651-9852 telefonszámon, vagy az alábbi címen kérhető:

bodane.rita@rkk.uni-obuda.hu

WATERSCOPE IOT - A JÖVŐ MEZŐGAZDASÁGA: AZ OKOS VÍZGAZDÁLKODÁS ÚJ DIMENZIÓI



A mezőgazdasági termelők számára az öntözés hatékonysága, az optimális vízfelhasználás és az öntözés nyomon követése alapvető kihívásokat jelent. Ahhoz, hogy minden kút optimálisan működjön és megfelelő mennyiségű vizet biztosítson, egyenletes legyen az öntözés mértéke, a folyamatos monitorozás elengedhetetlen. Az eső, az aszály, azaz az időjárás és a talajvízszint és nedvesség változásának a termesztett növényekre gyakorolt hatása és a költséghatékonyság egyszerre jelent megoldandó feladatot a gazdálkodók számára.

A WATERSCOPE Zrt. megérti a mezőgazdaság kihívásait és különböző megoldásokat ad a korszerű mezőgazdasági kút- és öntözésmonitoring technológiák precíz és megbízható használatára. Az összegyűjtött adatok segítik a gazdálkodókat, hogy megalapozott döntéseket hozhassanak a vízfelhasználásról és az öntözésről, ezzel növelve a termés mennyiségét.

A víz az egyik legértékesebb erőforrás, ezért felelősségteljesen kell gazdálkodni vele mindenhol, így a mezőgazdaságban is. A növények optimális növekedése és terméshozama, valamint a költségek csökkentése érdekében, innovatív, elsősorban vezeték nélküli adatgyűjtési megoldásra van szükség. A szenzorok, valamint a felhasználó mobil

vagy asztali eszközei közötti kapcsolat megoldása az első lépés. Az üzleti intelligenciával támogatott adatelemzés és felügyeleti rendszer fontos szerepet kap az öntözés optimalizálásában, az alacsony fenntartási költségek mellett.

A WaterScope IoT monitoring rendszere hatékony támogatást nyújt a gazdálkodóknak, biztosítja a kutak, víztárolók és vízkészletek folyamatos felügyeletét, elemzi a vízszintet, a talajnedvességet és tájékoztatást az öntözéshez felhasznált víz mennyiségéről, az öntözött területről. Az adatokat a teljes vízbázis kutjainak összefüggésében elemezi, a rendszer az időjárási körülményeknek megfelelő öntözési ajánlásokat is képes adni, ezáltal elkerülhető a szárazon futás és a túl- vagy alulöntözés.

A Waterscope IoT technológia használatával a gazdálkodók megalapozott döntéseket hozhatnak arról, mikor, hol és mennyi vizet kell kijuttatniuk a növényekre. Az öntözési problémákat azonosíthatják és megoldhatják, csökkenthetik a felesleges vízfelhasználást. A rendszer felügyeli az öntözőrendszerek teljesítményét és még azelőtt észlelheti a lehetséges hibákat, hogy azok bekövetkezzenek, megelőzve a költséges rendszerjavításokat. A talajvíz és a talaj nedvességének monitorozása segíti a hatékony és fenntartható vízgazdálkodást, valamint elősegíti a felszín alatti vizek védelmét a túlzott felhasználástól és a kimerüléstől.

A Waterscope IoT használatával hosszú távon biztosíthatja földjei egészségét és termelékenységét, miközben hozzájárul bolygónk értékes vízkészleteinek fenntartható kezeléséhez is. Ha időt, pénzt és erőforrásokat szeretne megtakarítani, válassza a megbízható és innovatív mezőgazdasági megoldásokat.

**A Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség
2023. évi támogatói:**



A kiadást támogatta a Szövetség székhelyének otthont adó
Újbuda Önkormányzata és a Bethlen Gábor Alap Zrt.



Köszönjük az ágazat elkötelezett támogatását.

